

Э.Р. Хасанов

ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИМИ ПРЕПАРАТАМИ

Уфа

ООО «Лань», Башкирский ГАУ

2013



Составитель:

Э.Р. Хасанов, доцент кафедры сельскохозяйственных машин
ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ, кандидат технических наук, доцент

Рецензенты:

А.П. Журавлев, профессор кафедры «Технология производства
и экспертиза продуктов из растительного сырья» ФГБОУ ВПО
Самарская государственная сельскохозяйственная академия,
доктор технических наук, профессор;

Р.Б. Яруллин, профессор кафедры «Машины, аппараты, приборы
и технологии сервиса» ФГОУ ВПО Уфимский государственный
университет экономики и сервиса, доктор технических наук, профессор

Х 24

Предпосевная обработка семенного материала защитно-стимулирующими препаратами. Монография. – Уфа: Лань, Башкирский ГАУ, 2013. – 176 с.

ISBN 978-5-8114-1474-1

В монографии приводятся необходимые сведения о технологиях и технических средствах для предпосевной обработки семенного материала сельскохозяйственных культур, о физических способах обеззараживания семенного материала, протравливании, инкрустации семян сельскохозяйственных культур защитно-стимулирующими веществами с учетом все более широкого применения биопрепаратов и микроэлементов, а так же способах и технических устройствах для осуществления данных операций и перспективных направлений их дальнейшего совершенствования

При написании монографии использованы результаты собственных исследований, полученные при выполнении госбюджетных научно-исследовательских работ, производственно-хозяйственных договоров, договоров о научно-техническом сотрудничестве и т.д.

Настоящая работа посвящена исследованию конструктивно-технологических параметров и режимов работы технических средств, обеспечивающих качественное покрытие семенного материала препаратами, и совершенствованию технологий, повышающих эффективность и экологическую безопасность использования химических и биологических средств процессов предпосевной обработки семенного материала сельскохозяйственных культур.

УДК 631.3:632.93
ББК 40.726

ISBN 978-5-8114-1474-1

© Хасанов Э.Р., 2013
© Башкирский государственный
аграрный университет, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|-----|
| Введение..... | 4 |
| 1. Технологии и технические средства предпосевной обработки семенного материала сельскохозяйственных культур | 7 |
| 1.1. Технологии и технические средства для химического протравливания | 7 |
| 1.2. Технологии и технические средства подготовки и использования физических факторов..... | 34 |
| 1.3. Технологии и технические средства подготовки и использования биологических средств | 38 |
| 1.4. Технологии и технические средства для инкрустации | 44 |
| 2. Моделирование технологических процессов технических средств предпосевной обработки семенного материала | 56 |
| 2.1. Имитационная модель процесса предпосевной обработки клубней дисковым протравливателем | 56 |
| 2.2. Математическая модель процесса предпосевной обработки семян барабанным протравливателем с нестационарным режимом движения | 78 |
| 2.3. Аэродинамическая модель процесса предпосевной обработки семян барабанным инкрустатором | 94 |
| 2.4. Результаты моделирования технологических процессов применения технических средств предпосевной обработки | 97 |
| 3. Технологические линии и комплекс машин для предпосевной обработки семенного материала сельскохозяйственных культур | 99 |
| 3.1. Технологические линии и комплекс машин по использованию пестицидов при протравливании клубней картофеля | 99 |
| 3.2. Технологические линии и комплекс машин по использованию пестицидов и биопрепаратов при протравливании и инкрустации семян | 102 |
| 3.3. Экологичность и охрана труда при организации процессов предпосевной обработки семенного материала..... | 107 |
| 4. Определение показателей качества обработки семенного материала техническими устройствами | 110 |
| 4.1 Взятие проб размеров частиц аэрозоля для определения их физико-механических свойств | 110 |
| 4.2 Определение качества работы ионизирующей и СВЧ установок | 112 |
| 4.3 Определение качества работы дискового протравливателя..... | 122 |
| 4.4 Определение качества работы барабанного протравливателя и инкрустатора семян..... | 131 |
| 4.4.1 Определение качества протравливания семян | 133 |
| 4.4.2 Определение равномерности покрытия семян методом графического анализа..... | 137 |
| Заключение..... | 148 |
| Библиографический список..... | 155 |

ВВЕДЕНИЕ

В России и за рубежом продовольственная безопасность выступает основой национальной безопасности и является важным фактором по стимулированию развития секторов экономики. Особенную остроту этот вопрос получил в 2008 г. в связи с мировым продовольственным кризисом, когда на первый план выдвинулась необходимость увеличения мощностей агропромышленного производства всех стран для удовлетворения текущих и будущих потребностей экономики. Указом Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. №120 принята «Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации», стратегическая цель которой заключается в надежном обеспечении населения страны безопасной и качественной сельскохозяйственной и рыбной продукцией, сырьем и продовольствием, создания условий для устойчивого развития отечественного производства, основных продуктов питания, достаточного для обеспечения продовольственной независимости страны.

В большинстве стран мира продовольственная проблема решается за счет интенсификации земледелия. Защита растений является одним из наиболее значимых направлений в получении стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур. По данным продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН ФАО (Food and Agriculture Organization) потенциальные потери урожая от вредителей, болезней и сорняков составляют 25-30 %, а в годы массового размножения вредителей или эпифитотий болезней они могут достигать 60 %. В России потери урожая зерновых культур составляют 25 %, овощных – 29 %, картофеля – 32 %, сахарной свеклы – 25 %.

Ведущее место в системе защиты растений от вредителей и болезней занимают мероприятия по борьбе с грибными, бактериальными и вирусными болезнями растений и особенно теми, которые передаются через семенной материал. Таким образом, предпосевная обработка семенного материала является необходимым и эффективным мероприятием по защите растений от болезней и вредителей [41,100-101,185], особенно в случае дополнительной обработки средствами, стимулирующими рост и развитие растений, что позволяет получить высокий и качественный урожай сельскохозяйственных культур. Наиболее вредоносные болезни сельскохозяйственных культур распространяются через семенной материал, что ухудшает их посевные качества и вызывает

значительное снижение урожая, так как посевные качества семян и урожайность связаны прямой зависимостью [33,94,168,190,203]. Кроме того, зараженные семена являются источником дальнейшего распространения болезней растений [17,144].

Для сохранения посевных качеств семян и предотвращения передачи заболевания через семена их подвергают различным способам предпосевной обработки [83]. В настоящее время основной способ – использование химических препаратов (протравливание), позволяющий снижать потенциальные потери урожая на 25–30 %, что и определяет его преимущественное использование. Сущность способа основывается в нанесении на поверхность семян различных органических и минеральных соединений – пестицидов, токсичных для вредных организмов. Вместе с тем химические способы, вследствие нанесения большого экологического вреда (хроническое отравление почвы, воды и воздуха, накапливание остатков пестицидов в сельскохозяйственных пищевых продуктах и кормах) вытесняются более безопасными способами, среди которых наибольшими перспективами обладают биологические и физические методы защиты и стимуляции роста растений. Кроме того, нанесение на семена при предпосевной обработке искусственных оболочек (инкрустирование, дражирование), включающих в состав оболочек веществ, необходимых для активного роста растений, играет значительную роль в повышении урожая сельскохозяйственных культур [218-220].

История предпосевной обработки семенного материала насчитывает тысячелетия, первые упоминания относятся к 2000 г. до нашей эры, когда для защиты семян от насекомых в процессе хранения применяли мятые листья кипариса и сок лука [72,187,191]. В начале XVII века семенной материал обрабатывали соленой водой в целях защиты от твердой головни. Однако активное создание технических средств для предпосевной обработки практически началось относительно недавно, когда с 1915 г. фирма Байер КропСайенс (Германия) начала обрабатывать препаратами «Успулун» и «Церезан» (органическая ртуть) семенной материал промышленными масштабами.

В настоящий момент в системе предпосевной обработки семенного материала наиболее полно изучены технические средства в области протравливания химическими препаратами [36,41,87,100-101,244-249]. Однако, как отмечалось выше, химический способ предпосевной обработки наносит большой экологический вред окружающей природе и жизнедеятельности человека [30,46,56], в

связи, с чем более активно стали применяться технические средства, использующие методы физической обработки семян [31,72,161].

Рост объемов применения биопрепаратов в системе защиты растений в значительной степени сдерживается отсутствием специальных технологий и специализированных технических средств для их реализации [25-26,47,95,248]. С внедрением интегрированной системы защиты растений, где предпочтение отдается биологическому методу, у камерных протравливателей, имеющих значительные преимущества перед шнековыми [148], выявился основной их недостаток по отношению к данному методу — отрицательное воздействие рабочих органов на живые бактерии, грибы и вирусы, которые составляют основу биопрепаратов. Данного недостатка лишены барабанные установки [128]. В то же время, научным основам обоснования технологий по широкому применению биопрепаратов препятствует отсутствие специальных устройств для обработки семенного материала, приспособленных для использования в них микробиологических препаратов.

Не в полной мере освещены вопросы технического обеспечения инкрустации семенного материала, а принципы научного обоснования конструктивных и технологических параметров технических устройств для инкрустации разработаны крайне недостаточно [50,187,251].

Анализ состояния вопроса показывает, что наряду с уменьшением количества протравливателей семян в России с 19 580 шт. в 1993 г. до 7 519 шт. в 2012 г. (на 61,5 %), в Республике Башкортостан — с 940 шт. до 315 шт. соответственно (на 66,5 %), в практике сельского хозяйства широкому применению перспективных технологий предпосевной обработки препятствует отсутствие современных серийных высокопроизводительных технических устройств, обеспечивающих требуемое качество работ и приспособленных для использования в них микробиологических препаратов [181]. Это приводит к тому, что сельское хозяйство нашей страны ежегодно недополучает от 30 до 50 % возможного урожая.

Монография предназначена научным сотрудникам, инженерам-конструкторам, занимающимся разработкой машин для предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур, преподавателям, студентам образовательных учреждений, обучающихся по направлению подготовки «Агроинженерия» и специалистам агропромышленного комплекса Российской Федерации.

1. ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Возделывание сельскохозяйственных культур связано с необходимостью применения высокопродуктивного и здорового посевного материала. Эффективная предпосевная обработка семян и клубней увеличивает их полевую всхожесть, снижает поражаемость растений вредителями, болезнями и позволяет получить заданное количество всходов без их прореживания [187].

В настоящее время существует большое число перспективных способов предпосевной обработки семян защитно-стимулирующими препаратами (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 Технологии предпосевной обработки семян

Наиболее широко используемым способом предпосевной обработки семенного материала является протравливание химическими препаратами. Способ возник на рубеже 20 века и активно применяется в настоящее время [37].

Одной из перспективных технологий предпосевной обработки является создание искусственных оболочек для защиты семян различных сельскохозяйственных культур. К ним относятся инкрустирование, дражирование. В последнее время активно стали применяться такие способы предпосевной обработки, как обработка биологическими препаратами, физическое обеззараживание.

1.1. Технологии и технические средства для химического протравливания

Наиболее широкое распространение получило химическое протравливание семенного материала [80,84,101,234].

Как правило, в России в централизованном порядке протравливается около 60 % семян, в фермерских хозяйствах – 40 %.

В борьбе с вирусными болезнями растений пшеницы, картофеля, ячменя и овса и вредителями (злаковые тли) надежнее, экономически выгоднее и экологически безопаснее ежегодно проводить предпосевное протравливание семян, чем многократные опрыскивания посевов контактными (пиретроидные) и системными (фосфорорганические, карбаматные) афидидами, так как к последним у многих вредителей очень быстро развивается устойчивость, значительно снижающая эффективность проводимой обработки [72,187].

Предпосевное протравливание клубней картофеля значительно снижает изреженность растений, увеличивает число продуктивных стеблей, уменьшает развитие болезней в период вегетации [93,121].

Затраты на протравливание окупаются при использовании полной нормы препарата и крупнокапельного опрыскивания клубней в 7,4–14,6 раза, а при УМО, когда экономно расходуются пестициды – в 72–399 раз по сравнению с применением семенного материала без химической обработки [87].

Анализ литературы показывает, что объемы и качество протравливания в последние 10 лет в большинстве экономических регионов производства России, а также других стран СНГ существенно снизились, что ухудшило фитосанитарное состояние семенного материала и посевов зерновых культур и картофеля [198].

Повсеместно наблюдается устойчивое нарастание головневых заболеваний и корневых гнилей [151]. Например, средневзвешенный процент пораженности зерновых твердой головней увеличился за последние 10 лет с 0,01 до 0,4–2,5 %, а в ряде регионов – до 5 %, пыльной головней – с 0,06 до 0,2–3 %. Зараженность зерна возбудителями корневых гнилей (*Helminthosporium* spp., *Fusarium* spp., *Orhriobolus* spp.) раньше составляла 2 %, теперь – 40–70 %. Гибель посевов озимых культур от развития снежной плесени и фузариозногельминтоспориозных корневых гнилей в отдельные годы достигает 57 %, а на некоторых полях – более 80 % [72]. Результаты двухлетнего мониторинга, полученные сотрудниками ВИЗР, показывают, что только 10–13 % образцов зерна, выращенного на севере Нечерноземья и в Калининградской области, не содержали фузариозной инфекции [48]. Присутствие в зерне разнообразных видов грибов оказывает существенное влияние как на посевные качества семян, так и пищевую ценность зерновой продукции. Большинство фузариотоксинов являются иммунодепрессантами и

даже при незначительном, но постоянном поступлении в организм человека и животных приводят к необратимому ухудшению здоровья [12,49,134,138].

Семенной материал протравливают сухим, полусухим, мокрым, с увлажнением, мелкодисперсным способами. Выбор способа протравливания зависит от химического состава протравителей, биологии возбудителей заболевания, сорта, состояния и степени зараженности семян, условий их обработки и других факторов.

Сухое протравливание семенного материала заключается в том, что в специальных машинах семена и клубни тщательно смешивают с порошкообразными протравителями, в результате чего они обволакиваются тонкой пылевой пленкой ядовитого вещества, которое и убивает находящиеся на поверхности семенного материала возбудители заболевания (споры, их проростки, грибницы) [41]. Сухим протравливанием можно протравливать семенной материал сельскохозяйственных культур, доведенных до посевных кондиций. Преимущество этого способа перед другими заключается в возможности обрабатывать семенной материал задолго до посева (4–5 месяцев), а также в малом расходе ядохимиката (1–3 кг на 1 т.) и простота его осуществления.

Для сухого протравливания применяется штанговый протравливатель Б.Н. Емелина (рисунок 1.2) [81].

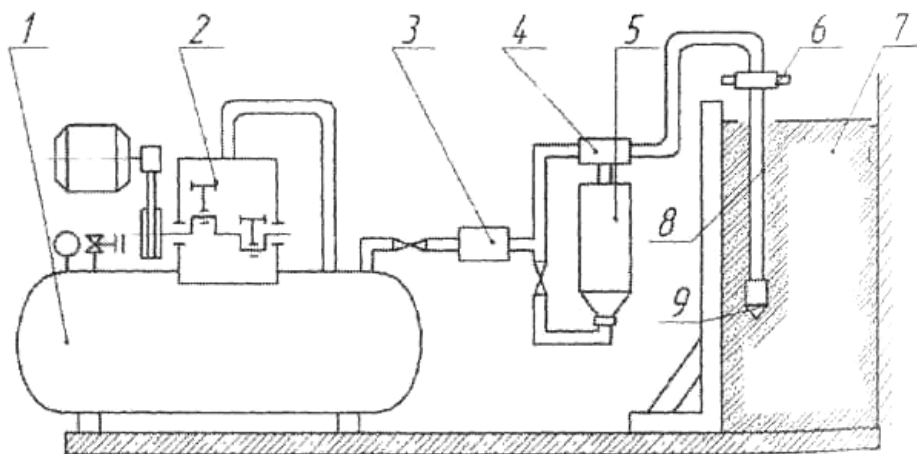


Рисунок. 1.2. Штанговый протравливатель Б.Н. Емелина

- 1 – ресивер; 2 – компрессор; 3 – водомаслоотделитель; 4 – обратный клапан;
5 – дозатор-питатель ядохимикатов; 6 – запорный клапан;
7 – шаблон-накладка; 8 – штанга; 9 – наконечник

К недостаткам сухого протравливания относятся – низкая эффективность уничтожения инфекции из-за плохого контакта

препарата с поверхностью семян и клубней, плохая удерживаемость (40–70 % препарата осыпается во время погрузочно-разгрузочных, транспортных и посевных работ), неблагоприятные санитарно-гигиенические условия труда исполнителей и загрязнение окружающей среды. Поэтому сухое протравливание применяется крайне редко и только по специальному разрешению санитарных служб [133].

Полусухое протравливание заключается в нанесении на поверхность семян и клубней водных суспензий или растворов пестицидов из расчета 20–30 л/т с последующей выдержкой их закрытыми в течение 3–4 ч. (так называемое томление). Обработка клубней картофеля данным способом осуществляется вручную (в кучах высотой не более 0,5 м на специальных площадках с использованием препарата формалина) и с помощью различных технических приспособлений [42,87,101]. Достоинство способа – высокая эффективность уничтожения инфекции. Недостатки – повышение влажности, значительная трудоемкость и низкая производительность.

Мокрое протравливание заключается в обильном (до 100 л/т) увлажнении или замачивании семенного материала в жидком (раствор, суспензия, эмульсия) препарате с последующим томлением в течение 2 ч. Томление – наиболее ответственный процесс, и его следует проводить без сокращения во времени. После томления семенной материал просушивают до нормальной влажности преимущественно в тени или под навесом на деревянном или цементном полу. Сушка под солнцем не рекомендуется, так как это снижает всхожесть. К одной из первых попыток механизировать процесс мокрого протравливания клубней картофеля относится создание аппарата ВИЗР-Грицаева, предназначенного для протравливания клубней картофеля раствором формалина по способу окунания [41], состоящий из деревянного ящика с крышкой, в котором установлен на горизонтальной оси барабан в виде колеса с шестью ячейками.

Известны устройства для протравливания клубней картофеля по данному способу, предложенные Укр. НИИКХ [69], представляющие собой емкость с суспензией, загрузочный и выгрузной транспортеры (рисунок 1.3). Преимуществом данных устройств является возможность 100 %-го покрытия клубней картофеля протравливающим препаратом.

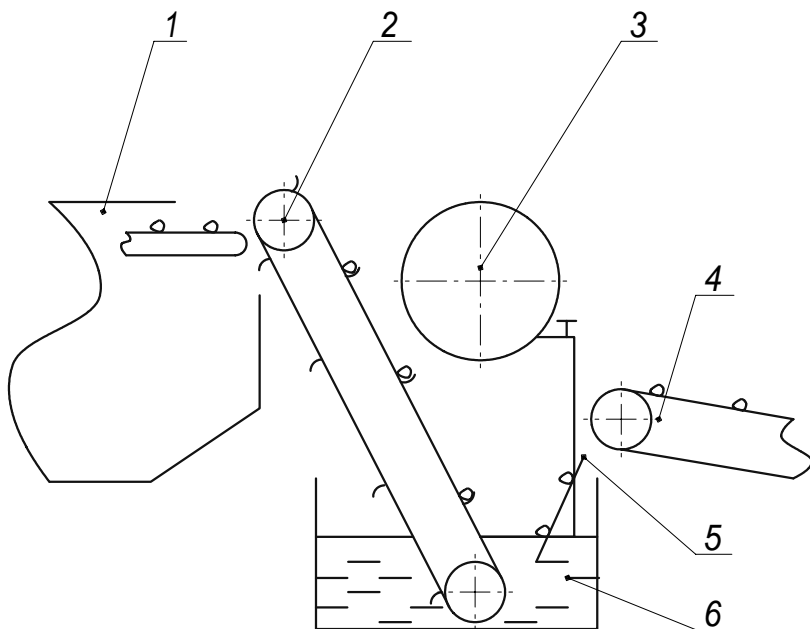


Рисунок 1.3 Устройство для протравливания клубней картофеля
1 – бункер-накопитель; 2 – транспортер ковшовый; 3 – резервуар с рабочей жидкостью; 4 – транспортер выгрузной; 5 – желоб; 6 – ванна

Представляет интерес устройство для протравливания зерна и клубней (Польша), выполненная в виде емкости с герметически закрывающейся крышкой и соплом, подающим сжатый воздух. Данное устройство обрабатывает клубни картофеля пеной, полученной из жидкого протравителя [69]. Достоинство мокрого способа протравливания – высокая эффективность уничтожения инфекции. Недостатки – необходимость последующей сушки, высокая трудоемкость и низкая производительность [133], кроме того А.С. Воловик [72,87] указывает, что протравливание клубней по данному способу связано с большим расходом рабочей жидкости и нарушением санитарных норм.

Протравливание с увлажнением заключается в нанесении на поверхность семенного материала суспензий, растворов, порошковидных препаратов с одновременным или последующим смачиванием жидкостью из расчета 5–15 л/т. Достоинства способа – экономное использование препарата за счет хорошего дозирования жидкости, удовлетворительное качество обработки, возможность нанесения одновременно с пестицидами микро- и макроудобрений, небольшое увлажнение семян, клубней и отсутствие необходимости в их последующей сушке; удовлетворительные санитарно-гигиенические условия труда исполнителей. Недостатки – относительная сложность выполнения процесса, снижение

удерживаемости препарата на поверхности семенного материала по мере его высыхания. При протравливании с увлажнением или при приготовлении суспензий пестицида препарат смешивают с водой, а для лучшего его удержания на поверхности семян применяют прилипатели. В качестве прилипательных добавок применяют следующие средства: концентрат сульфитно-спиртовой барды (ССБ), растворимое стекло (силикатный клей). Благодаря прилипателям препараты лучше удерживаются на поверхности семян и клубней [133].

Мелкодисперсный способ протравливания сводится к обработке семенного материала распыленными суспензиями (туманом), получаемыми из различных препаратов в смесительных камерах протравливателей. Благодаря этому норма расхода ядохимиката значительно снижается, семена равномерно покрываются слоем препарата и влажность их повышается не более чем на 1 %. Поэтому семенной материал, протравленный этим способом, не требует дополнительной сушки и его можно хранить перед посевом длительное время [42,167,245,248].

Следует отметить, что технические средства, используемые для протравливания, наиболее простые и доступные по цене. В России используются машины для протравливания отечественного и зарубежного производства. Основным преимуществом отечественных протравливателей является то, что они в 2-3 раза дешевле импортных.

Протравливатели классифицируют: по характеру работы, по способу нанесения препарата на семенной материал, по конструкции основного рабочего органа. По характеру работы их разделяют на порционные и непрерывного действия. Все современные протравливатели, как правило, непрерывного действия. По способу нанесения препаратов на семенной материал протравливатели разделяют на две группы: с перемешивающими устройствами и непосредственного нанесения на семена и клубни. По конструкции основного рабочего органа протравливатели с перемешивающими устройствами разделяют на шнековые и барабанные, а протравливатели непосредственного нанесения препаратов – на камерные и штанговые. Шнековые и камерные протравливатели считаются перспективными и получили широкое распространение: шнековые в связи с относительно небольшой их производительностью и простотой конструкции – в хозяйствах с

небольшими площадями посевов, камерные – для поточных линий семенных заводов, пунктов и крупных хозяйств [73,114,202].

В настоящее время используются шнековые протравливатели семян, такие как ПСШ-3, ПСШ-5 (рисунок 1.4), ПСШ-7В, ПСШ-10, ПНШ-5 «Господар», ПНШ-3 «Фермер», предназначенных для протравливания семян различных культур сухим, полусухим и мокрым способами [116,235-236]. Покрытие семян ядохимикатами в данных устройствах осуществляется за счет их перемешивания в смесительном шнеке, при помощи которого они одновременно перемещаются к выходному раструбу, а затем поступают в мешок или иную тару.

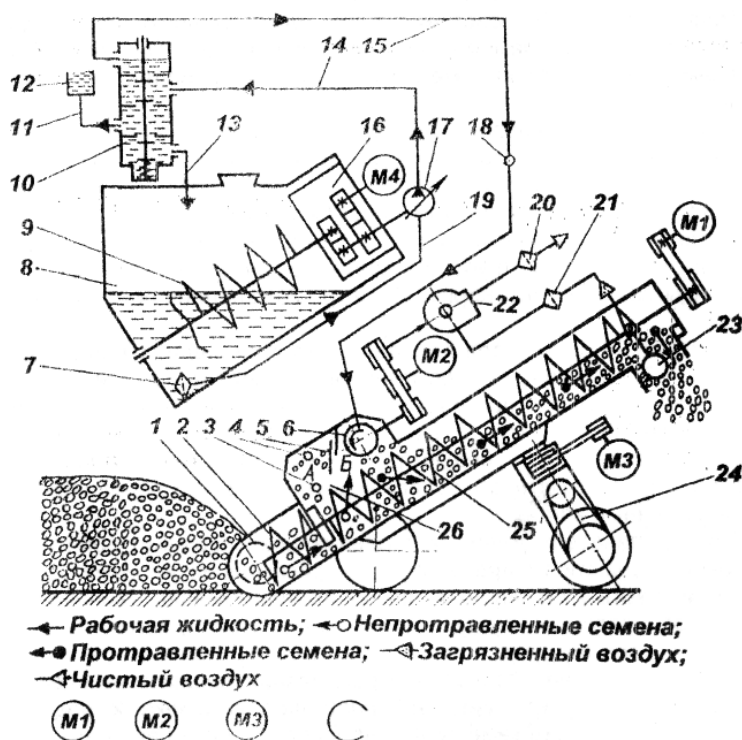


Рисунок 1.4 Схема рабочего процесса протравливателя ПСШ-5

1 – шнековый подборщик; 2 – заборная часть шнека; 3, 4 и 18 – датчики;
 5 – заслонка; 6 – распылитель; 7, 20 и 21 – фильтры; 11, 13, 14, 15 и 19 –
 трубопроводы; 8 – бак; 9 – мешалка; 10 – распределитель;
 12 – мерный цилиндр; 16 – редуктор; 17 – насос – дозатор; 22 – вентилятор;
 23 – заборник воздуха; 24 – механизм передвижения; 25 – выгрузная часть шнека;
 26 – бункер; А и Б – камеры накопительная и протравливания

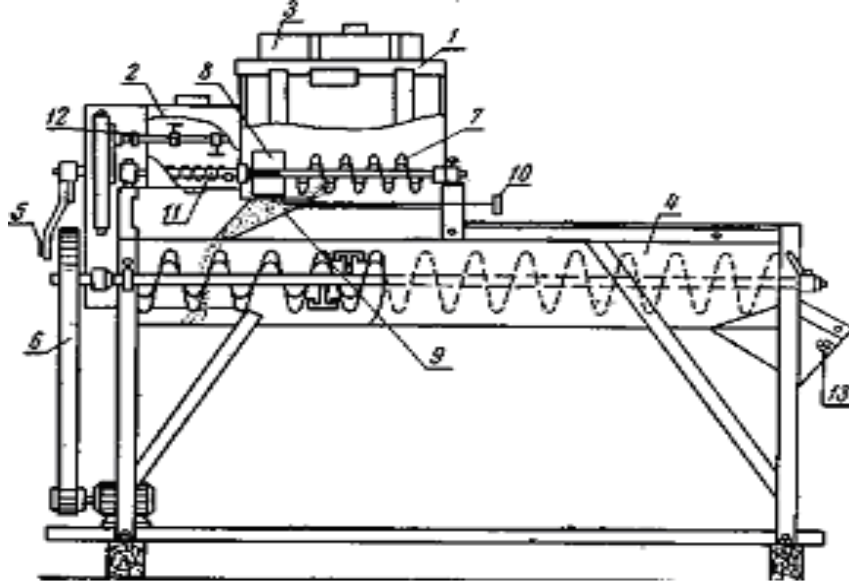


Рисунок 1.5 Схема протравливателя ПУ-1,0 Б

1 – бункер для зерна; 2 – бункер для сухих ядохимикатов; 3 – бачок для жидких ядов; 4 – смесительная камера; 5 – приводная рукоятка; 6 – приводной шкив; 7 – шнек; 8 – пятилопастная катушка; 9 – заслонка; 10 – рукоятка заслонки; 11 – шнек; 12 – мешалка; 13 – выпускной раструб

Некоторые хозяйства используют универсальный протравливатель ПУ-1,0 Б (рисунок 1.5), который предназначен для химического протравливания семян против головни зерновых культур, а также против болезней и вредителей других культур сухим, полусухим и мокрым способами.

Основными рабочими органами ПУ-1,0Б являются зерновой бункер с механизмом подачи зерна в смесительную камеру, бункер для сухого порошкообразного ядохимиката с заслонкой для регулировки количества подаваемого яда, бак для раствора ядохимикатов с краном для регулировки подачи рабочей жидкости, смесительная камера с механической мешалкой и механизмом подачи.

Известен протравливатель семян, который содержит рабочую камеру в виде неподвижного корпуса со шнеком, имеющим двигатель, распыливающий орган и регулировочный клапан (рисунок 1.6) [160].

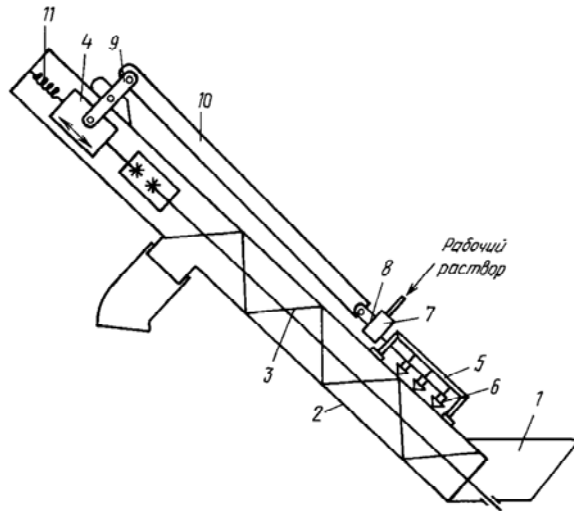


Рисунок 1.6 Схема протравливателя-загрузчика семян
посевного комплекса «Кузбасс»

1 – приемный лоток; 2 – рабочая камера; 3 – шнек; 4 – двигатель;
5 – распыливающий рабочий орган; 6 – форсунки; 7 – регулировочный клапан;
8 – привод; 9 – система рычагов; 10 – система тяг; 11 – пружина

Использование данного протравливателя обеспечивает плавное регулирование подачи ядохимикатов, повышает качество протравливания и уменьшает перерасход ядохимикатов.

Основным недостатком шнековых протравливателей является низкое качество покрытия семян [148].

Для устранения данного недостатка сотрудниками Ульяновского ГАУ предложен новый протравливатель семян (рисунок 1.7), где транспортирующий рабочий орган выполнен в виде гибкого спирального винта, распыливающий орган выполнен также в виде спирали, установленного в кожухе внутри транспортирующего рабочего органа со стороны заборной части. При этом привод выполнен с регулируемой частотой вращения, причем частота вращения распыливающего органа значительно превышает частоту вращения транспортирующего рабочего органа, а длина кожуха распыливающего органа превышает длину заборной части транспортирующего рабочего органа [91].

В связи с основным недостатком шнековых протравливателей в некоторых фермерских хозяйствах даже наблюдается их переход на протравливатели порционного действия ПС-5 [171-172]. При этом продолжительность перемешивания в данных устройствах достигает до 3 мин. (рисунок 1.8).

Также имеется ряд публикаций отражающих модернизацию шнековых протравливателей [131–132,194].

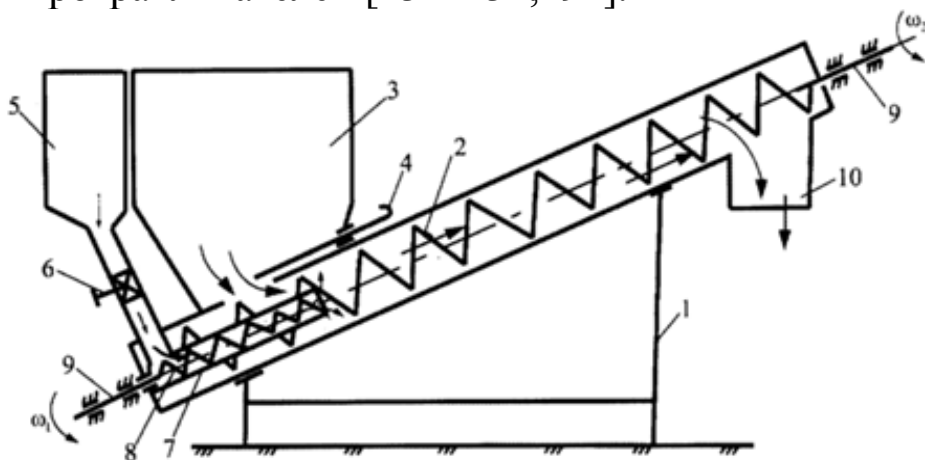


Рисунок 1.7 Протравливатель семян

1 – основание; 2 – транспортирующий рабочий орган; 3 – бункер для семян; 4 – дозатор; 5 – бак для ядохимикатов; 6 – дозатор ядохимикатов; 7 – кожух распыливающего органа; 8 – распыливающий орган; 9 – привод; 10 – выгрузное окно

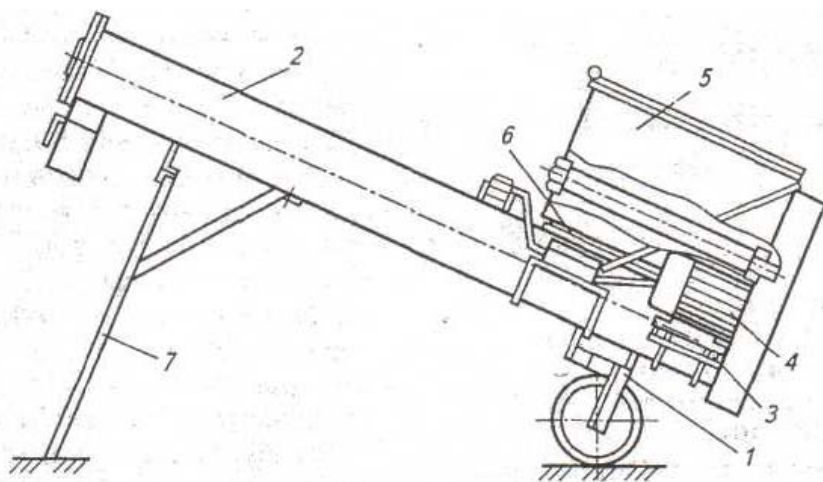


Рисунок 1.8 Протравливатель семян ПС-5

1 – рама; 2 – выгрузной шнек; 3 – опорная площадка для двигателя; 4 – электродвигатель; 5 – бункер для зерна; 6 – заслонка; 7 – опорная стойка

Несмотря на простоту конструкций и быстроту обслуживания, обработка семенного материала шнековыми протравливателями все же не исключает возможности механических повреждений семян и небезопасна с экологической точки зрения.

Штанговые протравливатели получили меньшее распространение, в основном при обработке клубней картофеля протравливающим препаратом по методу опрыскивания в момент загрузки в транспортное средство. Для этого на выходном конце

стрелы транспортера ТЗК-30 устанавливают распылители в виде форсунок (рисунок 1.9), к которым подают протравливающий препарат при помощи шестеренчатого насоса [42,69,100,167,254]. Однако, как отмечают Кононученко Н.В., Агибалов Е.И., Мельников Е.С. [119], использование установок, работающих по данному методу в кузовах транспортных средств, неприемлемо из-за отрицательного действия пестицидов на здоровье людей, загрязнения окружающей среды и нарушения правил безопасности.

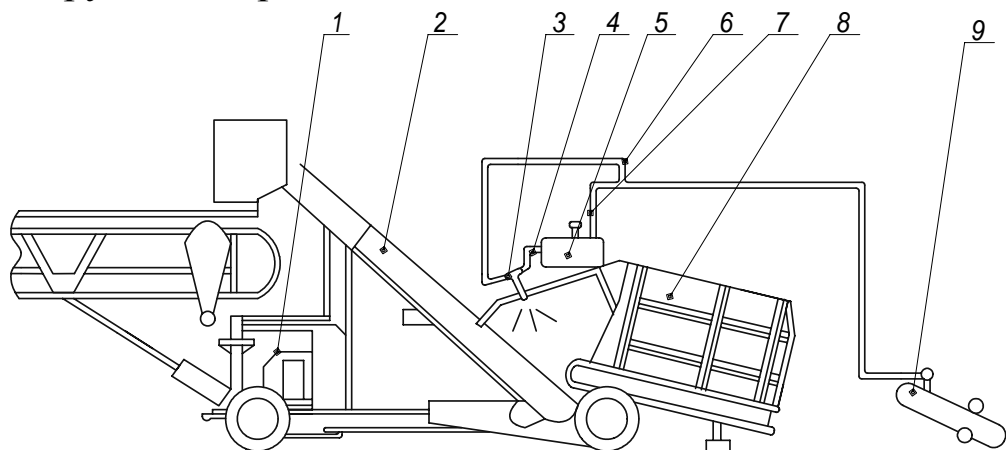


Рисунок 1.9 Приспособление к транспортеру- загрузчику ТЗК-30 для протравливания картофеля ОКБ НИИКХ

- 1 – транспортер – загрузчик ТЗК – 30; 2 – транспортер подъемный;
3 – распылитель; 4 – шланг; 5 – резервуар для перемешивания рабочей жидкости; 6 – шланг подачи сжатого воздуха на распылитель;
7 – шланг подачи сжатого воздуха в резервуар; 8 – бункер; 9 – компрессор

Более широкое распространение получили камерные протравливатели, которые превосходят по производительности шнековые и барабанные протравливатели.

Одна из наиболее совершенных зарубежных машин этого типа – протравливатель «Гомпер» (Германия). В камере протравливания этой машины установлен конус для рассеивания семян, под которым смонтирован дисковый центробежный распылитель жидкого ядохимиката. Семена, поступая сверху под действием силы тяжести, сначала скользят по рассеивающему конусу, затем падают по всему периметру его основания. Жидкий ядохимикат поступает к центру быстро вращающегося (с частотой до 5000 мин^{-1} и более) распыливающего диска и под действием центробежной силы распыливается до туманообразного состояния. Падающие семена, пролетая сквозь факел распыленного ядохимиката, покрываются им и падают на транспортер, который выносит их из протравливателя.

Наиболее совершенными с точки зрения равномерности нанесения протравителей являются камерные протравливатели ПС-10, ПС-10А, ПК-20 «Mobitox super» (Венгрия).

Протравливатель семян универсальный ПС-10 (рисунок 1.10) предназначен для протравливания семян зерновых, зернобобовых и технических культур водными суспензиями пестицидов и пленкообразователей. Протравливатель состоит из следующих основных узлов: загрузочного транспортера, резервуара для водных суспензий пестицидов, бункера семян, камеры протравливания, устройства для выгрузки семян с выгрузным шнеком, воздухоочистительного оборудования (вентилятора, фильтра и т. д.), системы электрооборудования, механизма самопередвижения и рамы с ходовой частью.

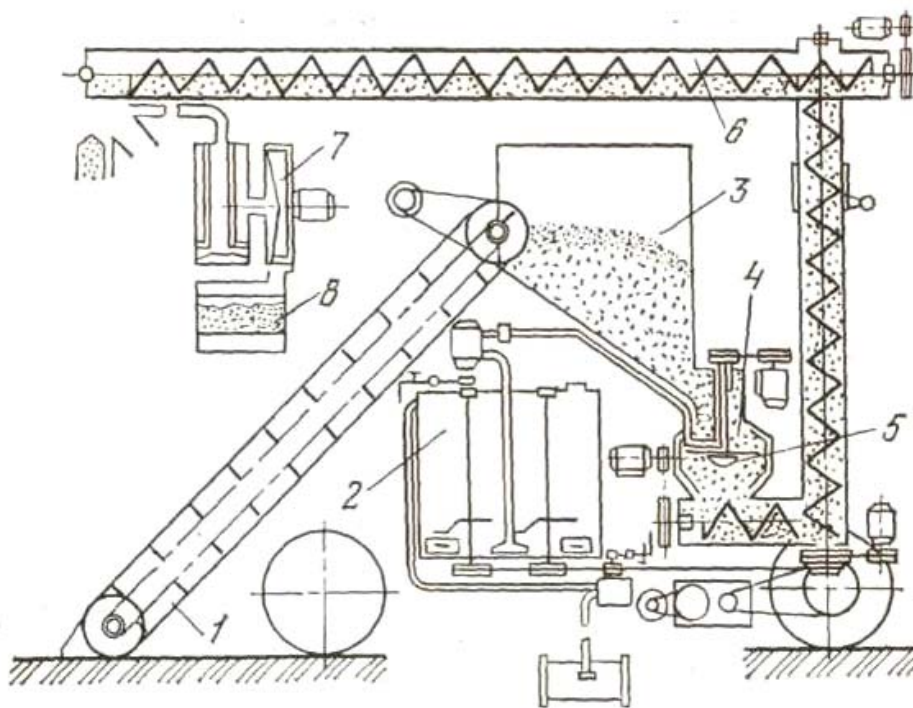


Рисунок 1.10 Схема протравливателя ПС-10

- 1 – загрузочный транспортер; 2 – резервуар для суспензий пестицидов;
3 – бункер семян; 4 – камера протравливания; 5 – распыливающий диск;
6 – выгрузной шнек; 7 – вентилятор; 8 – фильтр

Протравливатель семян универсальный «Mobitox super» (Венгрия) (рисунок 1.11) предназначен для протравливания семян зерновых и технических культур сухим способом, с увлажнением и суспензиями пестицидов и пленкообразователей. Протравливатель состоит из следующих основных узлов: загрузочного устройства (подборщиков и элеватора), бункера сухих пестицидов, резервуара для жидкости, бункера семян, камеры протравливания с

семерассеивающим и водораспыливающим дисками, выгрузного устройства, воздухоочистительного устройства и механизма самопередвижения. Шнековыми подборщиками семена подаются в загрузочный транспортер, а затем – в бункер семян. Из бункера через щелевой дозатор семена поступают в камеру протравливания и равномерно рассеиваются вращающимся диском [172].

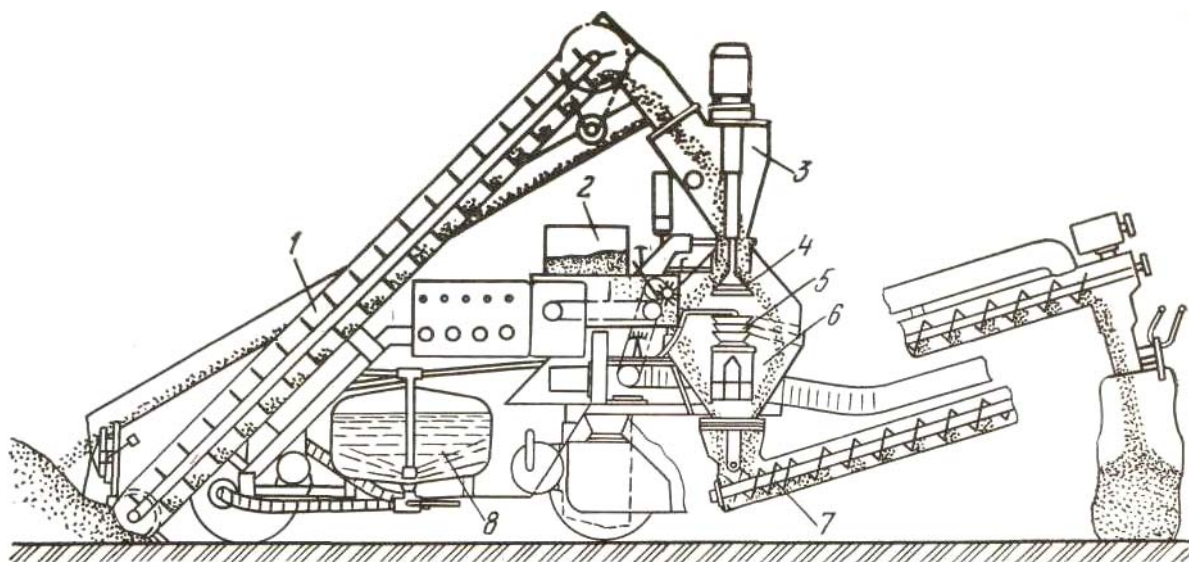


Рисунок 1.11 Схема протравливателя «Mobitox super»

1 – загрузочное устройство; 2 – бункер пестицидов; 3 – бункер семян;
4 – семярассеивающий диск; 5 – водораспыливающий диск; 6 – камера протравливания; 7 – выгрузное устройство

Специалистами Белорусского научно-исследовательского института картофелеводства и плодоовощеводства была создана специальная установка для обработки клубней картофеля [115]. Она представляет собой камеру протравливания, установленную на раме с колесами, в которой находятся распылители (форсунки). Данное устройство работает как приставка к транспортеру в составе картофелесортировального пункта. Общим недостатком установок с распылителями в виде форсунки является то, что создаваемый ими распыл довольно грубый и неоднородный, затруднено распыливание высоковязких и загрязненных жидкостей [74,242].

Центробежные механические распылители применяются при обработке клубней на зарубежных протравливателях [244] и отечественных установках: ПУМ-30 (рисунок 1.12), предлагаемая Всероссийским институтом защиты растений [42]; приставка-протравливатель (рисунок 1.13) [8–9,92,119,164–166].

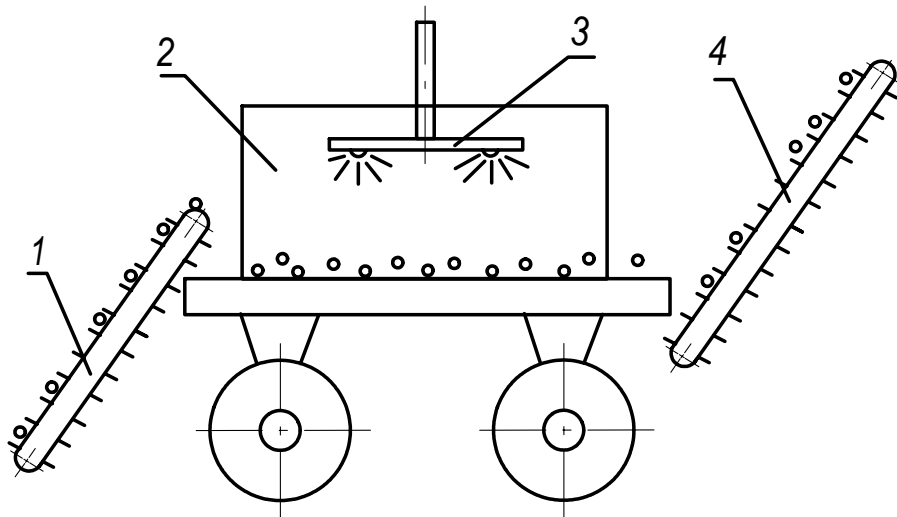


Рисунок 1.12 Схема устройства ПУМ-30
1 – транспортер загрузочный; 2 – камера протравливания;
3 – распылитель; 4 – транспортер выгрузной

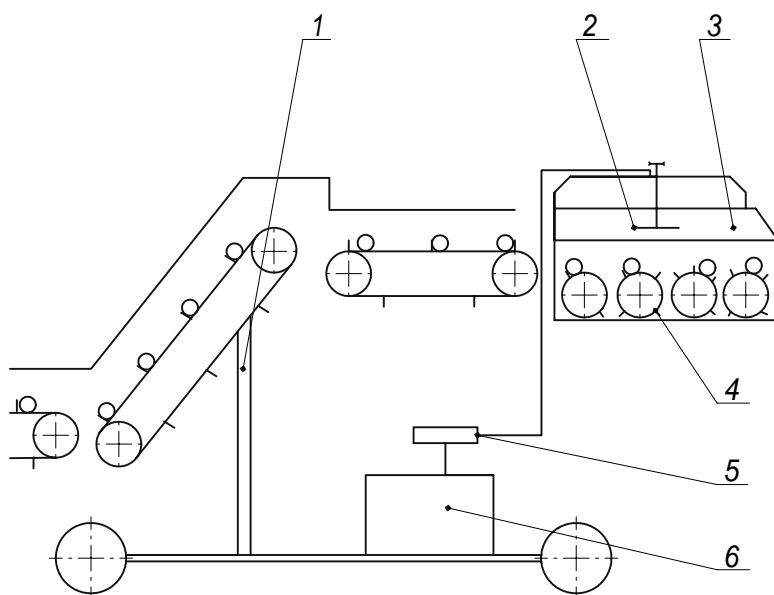


Рисунок 1.13 Приставка-протравливатель корнеклубнеплодов
с механическим распылителем

1 – транспортер-загрузчик ТЗК-30; 2 – диск центробежный; 3 – камера протравливания; 4 – валики; 5 – насос; 6 – резервуар

Нами также проводились исследования в этой области. Создана конструкция приставки-протравливателя к ТЗК-30 с получением аэрозоля погружными дисками (рисунок 1.14) [105].

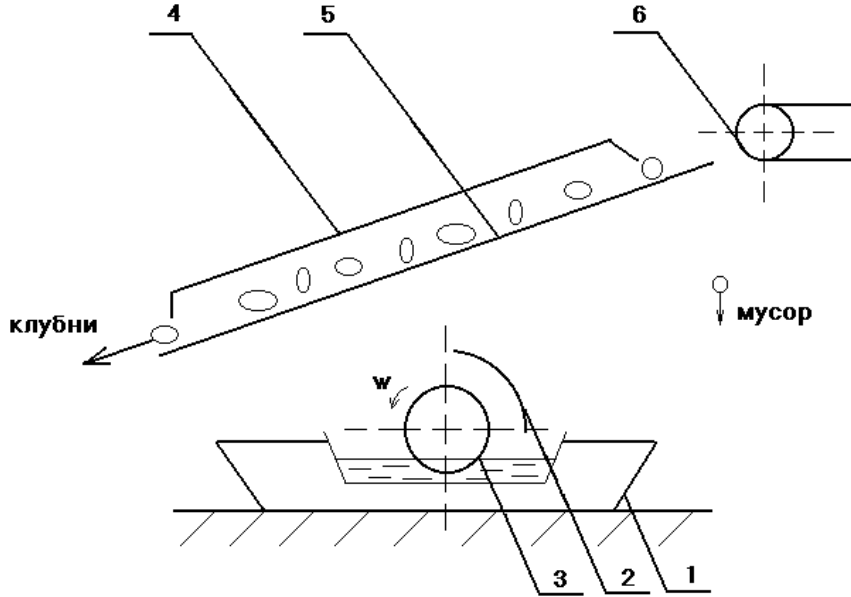


Рисунок 1.14 Схема приставки-протравливателя к ТЗК-30

1 – ванна; 3 – погружные диски-распылители, 2, 4 – поворотный и защитный кожухи; 5 – наклонное решето; 6 – транспортер

Клубни картофеля после подачи транспортером скатываются по наклонному решету. На начальном участке отделяется имеющийся в ворохе мусор. Затем, перекатываясь в камере протравливания, клубни обрабатываются мелкодисперсным раствором, образованным вращающимися дисковыми распылителями. Перемещение поворотного кожуха и уровень раствора в ванне определяет расход (норму) жидкости. Неиспользованный раствор оседает в защитном кожухе и стекает в ванну [104].

К преимуществам дисковых распылителей относится возможность распыления (при малых расходах) загрязненной жидкости и суспензии на капли одинакового регулируемого размера. Это позволяет использовать ультрамалообъемный метод опрыскивания, сокращающий норму расхода пестицидов на 25-50 % [165,184]. Недостатком устройств данного типа является необходимость дополнительного оборудования для приготовления протравливающего препарата, возможность выброса ядохимиката за пределы камеры протравливания при обработке посевного материала.

При исследовании протравливателя клубней данной конструкции в производственных условиях наблюдался вынос ядохимиката за пределы камеры протравливания, что недопустимо с экологической точки зрения и вопросов охраны труда обслуживающего персонала, при увеличении числа оборотов погружных дисков образуемый аэрозоль получался

крупнокапельный, что повышало расход ядохимиката и вело к ухудшению качества обработки, оставался нерешенным вопрос о подаче раствора ядохимиката в ванну. С учетом решения вышеперечисленных вопросов нами создан протравливатель клубней с рециркуляцией аэрозоля, содержащий резервуар для раствора, над которым установлена наклонная решетка с закрепленным кожухом и фартуками, образующими камеру протравливания [109,207].

Установка для жидкостной обработки клубней картофеля работает следующим образом [7,208].

Внешним приводом ось с дисковыми распылителями приводят во вращательное движение (рисунок 1.15). Дисковые распылители, за счет смачивания их поверхности раствором ниже оси, захватывают раствор и, под действием центробежных сил вращения, выбрасывают крупнокапельный аэрозоль раствора в сторону решетки на рассекатель, на котором происходит разбивание капель аэрозоля в пылевидную мелкокапельную фракцию. Эта мелкокапельная фракция аэрозоля проходит через решетку под кожух, образующие камеру протравливания. Одновременно транспортером на наклонную решетку подают корнеклубнеплоды, которые через фартук скатываются по ней и пересекают поток аэрозоля, тем самым подвергаются высококачественному покрытию (обволакиванию) поверхности пленкой аэрозоля, что обеспечивает их целевую обработку. Обработанные корнеклубнеплоды с наклонной решетки через фартук скатываются в приемный бункер. Осевший аэрозоль на решетку, рассекатель и кожух стекает в резервуар с последующим использованием, а неосевший аэрозоль из-под кожуха вместе с воздухом через окно кожуха и воздуховод захватываются вентилятором и далее через окно резервуара под избыточным давлением выбрасывается под решетку в резервуар. Далее цикл работы повторяется. Таким образом, вентилятор обеспечивает вынужденную циркуляцию и повышение качества аэрозоля. Конденсат, образующийся в корпусе вентилятора, сливается по дренажной трубке в резервуар. Уровень жидкости в резервуаре поддерживается за счет поступления раствора из сосуда, а общий уровень обеспечивается поплавковым регулятором на подающем трубопроводе.

Использование данного протравливателя обеспечивает дробление капель до размеров мелкодисперсного аэрозоля и его

рециркуляцию, что повышает эффективность и качество обработки корнеклубнеплодов [108,111].

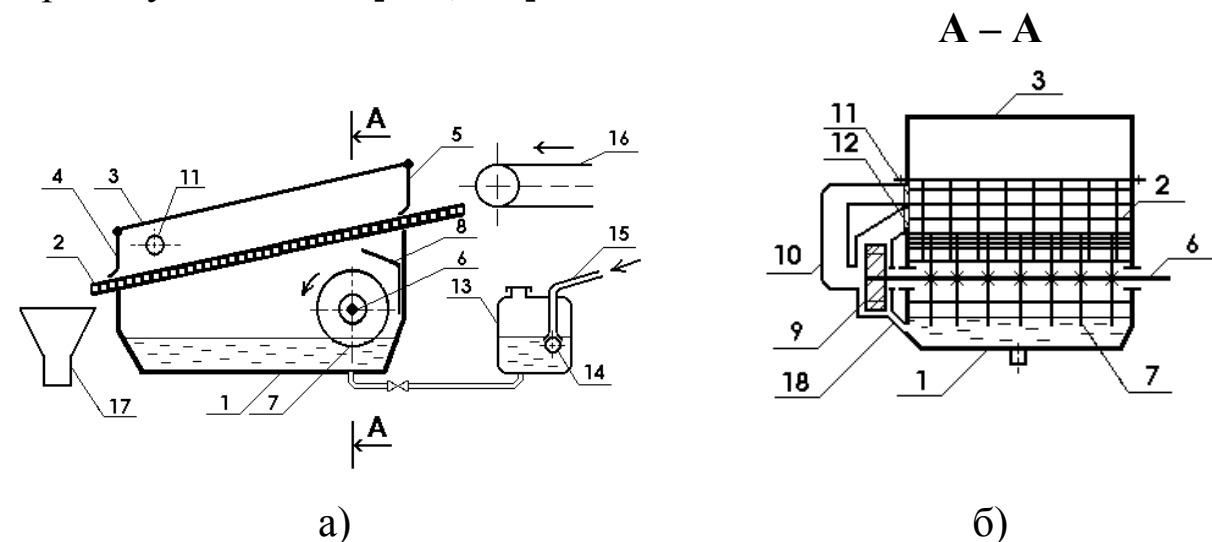


Рисунок 1.15. Установка для жидкостной обработки корнеклубнеплодов

- а) схема установки для жидкостной обработки корнеклубнеплодов в сечении;
 б) поперечное сечение по оси вращения дисков:
 1 – резервуар для раствора; 2 – наклонная решетка; 3 – кожух,
 4, 5 – фартуки, 6 – ось; 7 – дисковые распылители, 8 – рассекаль,
 9 – вентилятор; 10 – воздухопровод; 11,12 – окна кожуха и резервуара; 13 – сосуд;
 14 – поплавковый регулятор уровня раствора; 15 – подающий трубопровод;
 16 – транспортер; 17 – приемный бункер; 18 – дренажная трубка

Долгое время в России использовался передвижной протравливатель корнеклубнеплодов «Гуматокс-С», выпускаемый фирмой Mezoger Debrecen (Венгрия) [139,243]. Распыливающее устройство «Гуматокс-С» (рисунок 1.16) в виде форсунки опрыскивает клубни картофеля и одновременно смачивает валики, которые дополнительно обрабатываютдвигающиеся между ними клубни. По данному принципу работает стационарный клубнепротравочный агрегат, разработанный специалистами Республиканского производственно-научного объединения по обслуживанию сельского хозяйства Литвы [85]. Обработка клубней картофеля данным способом не исключает возможности механических повреждений клубней и небезопасен с экологической точки зрения [42].

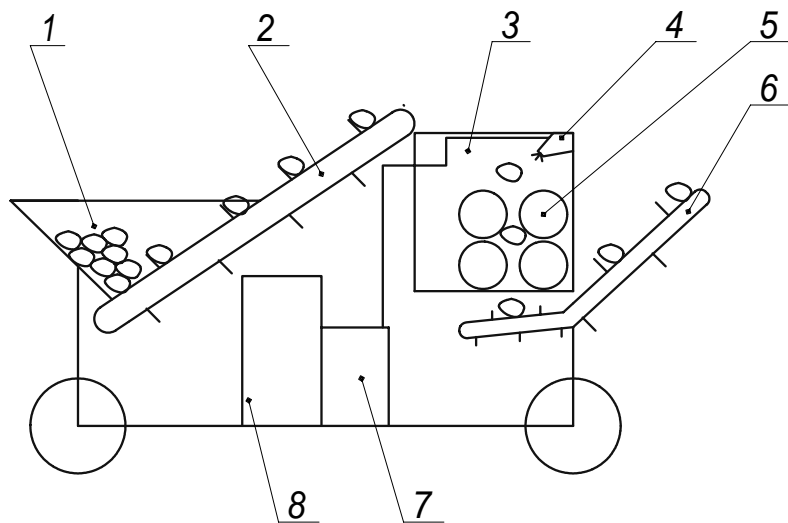


Рисунок 1.16 Протравливатель клубней картофеля «Гуматокс-С»

- 1 – бункер приемный; 2 – транспортер разгрузочный;
 3 – камера протравливания; 4 – форсунка; 5 – валики;
 6 – транспортер выгрузной; 7 – насос; 8 – резервуар

Для предпосевной обработки применяются также протравливатели типа СТ 2-10 и СТ 5-25 (рисунок 1.17) фирмы ПЕТКУС ВУТА (Германия) – универсальные протравливатели для влажного протравливания, пригодные для использования жидких и суспензированных протравителей [250].

Семенной материал через вход подается в протравливатель. При помощи диска распределения семенной материал распределяется в виде равномерного семенного «завеса». Посредством устройства дозирования протравитель подается на диск-разбрызгиватель. Этим диском-разбрызгивателем протравитель равномерно распыляется и приводится в контакт с семенным «завесом». В дополнительном смесителе происходит распределение протравителя на семенах. Посредством расположенного в разгрузочной воронке очистительного устройства обеспечивается непрерывная очистка протравливателя.

Производительность протравливателя СТ 2-10 при использовании стандартных протравителей может регулироваться в пределах от 2 до 10 т/час (на пшенице), производительность протравливателя СТ 5-25 – в пределах от 5 до 25 т/час (на пшенице).

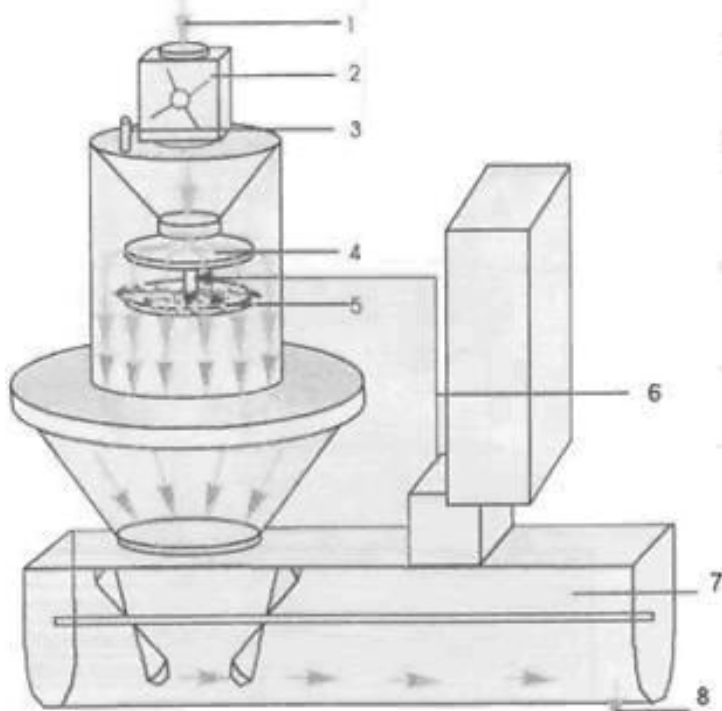


Рисунок 1.17 Протравливатели типа СТ 2-10 и СТ 5-25

1 – вход в шлюзовой дозатор; 2 – шлюзовой дозатор; 3 – датчик уровня наполнения; 4 – диск распределения продукта; 5 – диск-разбрызгиватель протравителя; 6 – подача протравителя; 7 – дополнительный смеситель; 8 – выход протравленных семян

К недостаткам протравливателей камерного типа относятся:

- низкое качество обработки семян препаратом из-за того, что она осуществляется встречным потоком препарата только с одной стороны, а время обработки незначительно за счет быстрого прохождения семенами камеры протравливания;
- недостаточно качественное перемешивание семян с суспензией и частичное разрушение некоторых зерен в выгрузном шнеке;
- повреждение семенного материала о стенки камеры протравливания из-за высоких оборотов рассеивающего диска.

Проведенные нами исследования по травмированию семян показали, что наименьшее их повреждение происходит при использовании барабанных протравливателей [112]. В барабанных протравливателях перемешивание происходит во вращающемся барабане при свободном падении компонентов, поднимаемых стенкой барабана за счет сил трения, возникающих между поверхностью стенки и перемешиваемым материалом.

Продолжительность перемешивания зависит от угла наклона барабана к горизонту.

Барабанный протравливатель ПЗ-10 «Колос» (рисунок. 1.18) обрабатывает семена жидкими мелкодисперсными суспензиями препаратов. Препараты загружают в резервуар, в который при включении компрессора через эжектор и шланг поступает вода. Образовавшаяся суспензия интенсивно перемешивается мешалкой и в мелкораспылённом виде подаётся форсункой во вращающийся смесительный барабан. Сюда же самотёком поступают из бункера семена, перемешиваются с суспензией и выгружаются шнеком в транспортные средства. Производительность протравливателя 10-15 т/ч. Рабочие органы его приводятся в действие от электродвигателя мощностью 7 кВт.

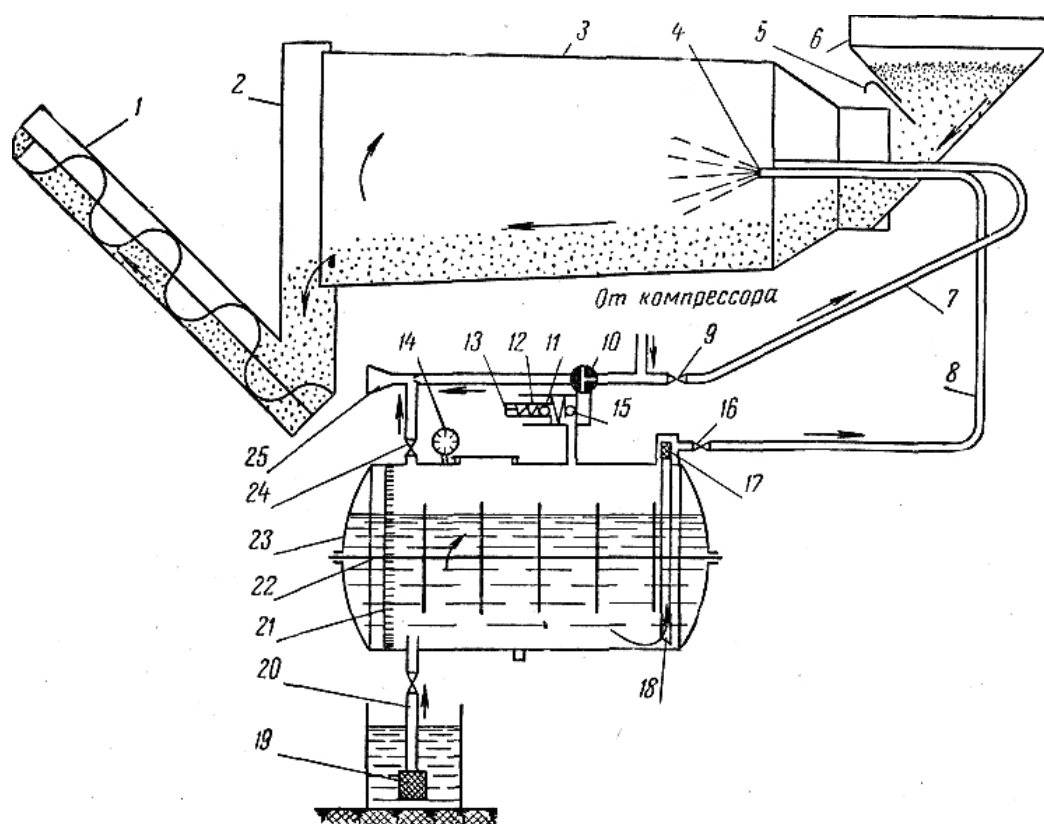


Рисунок 1.18 Барабанный протравливатель ПЗ-10 «Колос»

- 1 – выгрузной шнек; 2 – выходная камера; 3 – смесительный барабан;
4 – форсунка; 5 – заслонка; 6 – бункер; 7 – воздушный шланг; 8 – шланг;
9, 16 и 24 – краны; 10 – трехходовой кран; 11 и 15 – шарики; 12 – пружина;
13 – регулировочный винт; 14 – манометр; 17 – фильтр; 18 – заборная труба;
19 и 23 – резервуары; 20 – заборный шланг; 21 – уровнемер; 22 – мешалка;
25 – эжектор

Протравливатель универсальный ПУ-3 (рисунок 1.19) имеет такое же назначение, как и протравливатель ПЗ-10 «Колос». Основные рабочие органы: бункер для семян, транспортер для подачи семян в бункер, элеватор для подачи зерна из бункера в смесительный барабан, бункер для сухих порошкообразных ядохимикатов с мешалкой, питающим шнеком и заслонкой в дне, смесительный барабан, выходная камера для семян, укрепленная в задней части смесительного барабана, шестеренчатый насос для подачи жидкого ядохимиката в смесительный барабан из емкости, электродвигатель и шестеренчатый редуктор для передачи вращения от электродвигателя к ведущему валу машины.

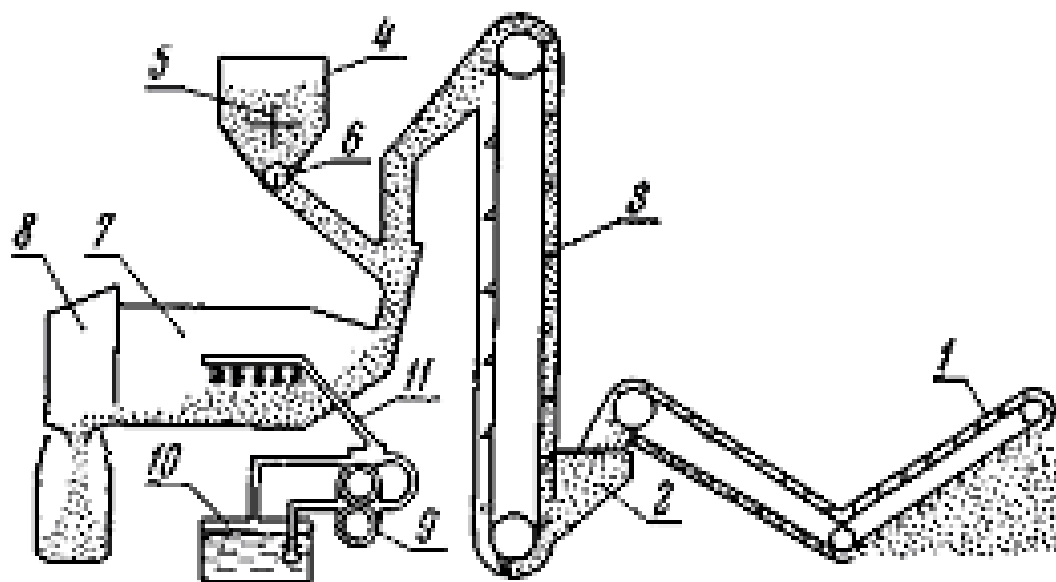
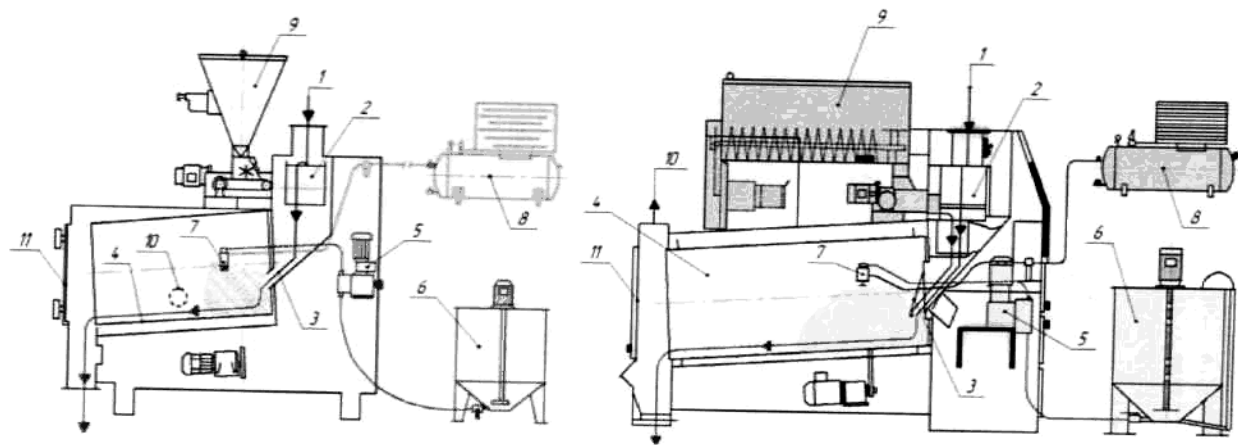


Рисунок 1.19 Схема протравливателя ПУ-3

- 1 – транспортер для подачи семян в бункер; 2 – бункер для семян; 3 – элеватор для подачи семян из бункера в смесительный барабан; 4 – бункер для сухих порошкообразных ядохимикатов; 5 – мешалка; 6 – питающий шнек; 7 – смесительный барабан; 8 – выходная камера для семян; 9 – шестеренчатый насос для подачи жидкого ядохимиката; 10 – резервуар; 11 – трубка с наконечниками

Из зарубежных машин с барабанными рабочими органами можно отметить протравливатели РС-100F (Венгрия), К-618-619 (Германия), В10S и В4 фирмы «Хайд» (Австрия) (рисунок 1.20), 5ХВУ-5 (Китай) (рисунок 1.21).



а)

б)

Рисунок 1.20 Протравливатели фирмы «Хайд» а)- B10S, б)- B4

1 – исходный материал; 2 – дозатор; 3 – лоток; 4 – барабан; 5 – насос-дозатор; 6 – смеситель; 7 – распылитель; 8 – компрессор; 9 – приемный бункер; 10 – аспирационное отверстие (а), канал (б); 11 – смотровой люк

Протравливатель работает следующим образом. Семена направляются через дозатор к наклонному лотку. Если необходимо внести дополнительно защитно-стимулирующие компоненты, то их подают из приемного бункера. В процессе движения по лотку происходит смешивание семян и компонентов. Затем они поступают на вращающийся наклонный барабан. При их смешивании подается рабочий раствор из смесителя распылителем посредством насоса-дозатора с приводом от электродвигателя. Сжатый воздух, подаваемый из компрессора, обеспечивает равномерное распределение рабочего раствора, обработанные семена поступают на выгрузной лоток, отработанный воздух удаляется через аспирационное отверстие (или канал – у B4). Барабан располагается внутри герметичного кожуха со смотровым люком.

Как уже отмечено выше, проведенные нами исследования по травмированию семян показали, что наименьшее их повреждение происходит при использовании барабанных протравливателей. В связи с этим нами в разные годы созданы несколько протравливателей барабанного типа со спирально-гофрированным барабаном [154-155], с изменяемым радиусом кривошипа [156], с водилом планетарного редуктора [157], с эластичным барабаном [158].

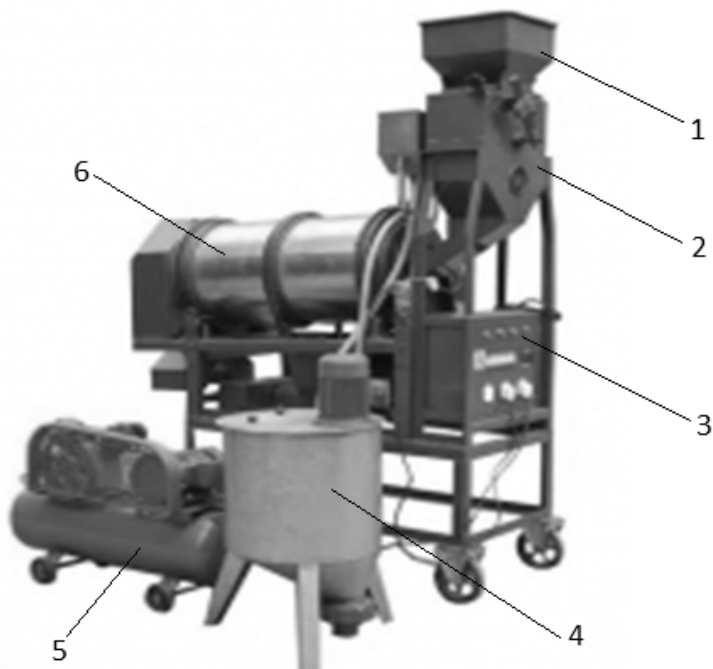


Рисунок 1.21 Протравливатель барабанного типа модели 5ХВУ-5

1 – бункер для семян; 2 – дозатор; 3 – щит управления;
4 – резервуар; 5 – компрессор; 6 – барабан

Определенный интерес вызывает конструкция барабанного протравливателя с изменяемым радиусом кривошипа [19-20,226-227,231], позволяющее получить равномерное распределение семян при обработке по внутреннему объему барабана, вследствие чего повышается качество их покрытия рабочей жидкостью.

Устройство для предпосевной обработки (рисунок 1.22) работает следующим образом. Семенной материал из загрузочного бункера 4 через регулятор подачи 5 подается внутрь установленного на оси 3, вращающегося посредством привода 2, цилиндрического барабана 1. Рабочая жидкость, поданная распылителями 7 в виде аэрозоля во внутренний объем барабана 1, обволакивает семенной материал при его падении с определенного угла подъема, который зависит от кинематического режима вращения барабана 1. По мере продвижения зерна по длине барабана, меняется кинематический режим вследствие того, что ось 3 барабана со стороны загрузочного бункера 4 установлена на сферической опоре 8, а со стороны выгрузного лотка 6, на кривошипе 9 с приводом вращения 10, причем число оборотов кривошипа больше числа оборотов барабана ($\omega_2 > \omega_1$). Изменение радиуса R и скорости вращения ω_2 кривошипа 9 позволяет регулировать и устанавливать оптимально для данной культуры кинематический режим работы.

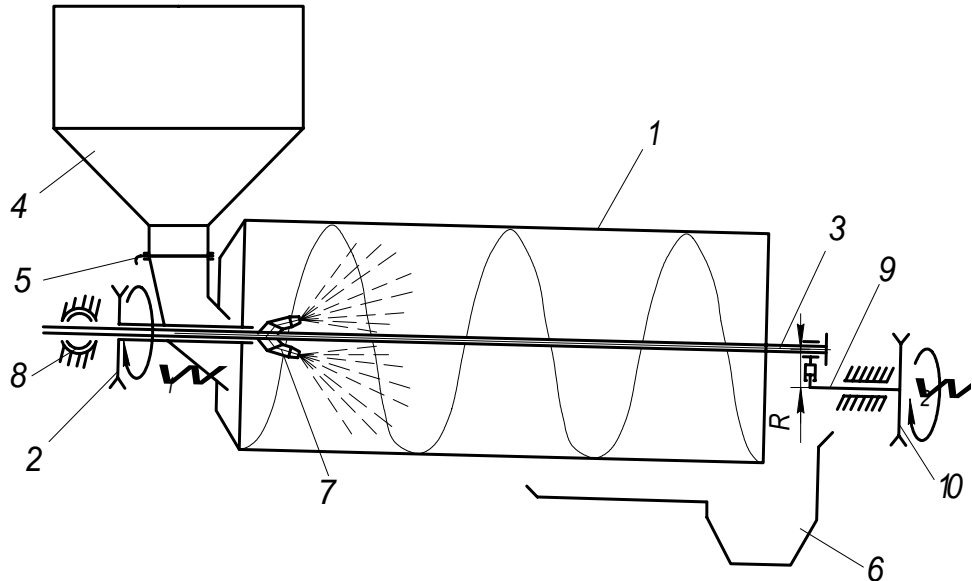


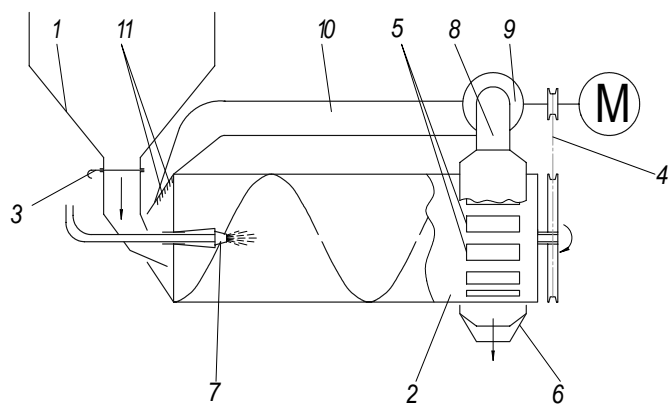
Рисунок 1.22. Схема барабанного протравливателя с изменяемым радиусом кривошипа

Основываясь на полученных результатах, на кафедре сельскохозяйственных машин в 2007 г. нами изготовлен опытный образец протравливателя семян барабанного ПСБ-1,5 в котором совмещена возможность воздействия на семена физическими эффектами, биопрепаратами и химическими средствами (рисунок 1.23). По результатам работы в хозяйствах Республики Башкортостан машина показала высокую производительность, 98 %-ную равномерность покрытия поверхности семян, минимальное физическое воздействие на семена и микроорганизмы в составе биопрепаратов. Данная установка была отмечена на IV межрегиональном научно-практическом семинаре «Севообороты, обработка почвы, ресурсосберегающие технологии возделывания, сорта и семена сельскохозяйственных культур» на базе учебно-научного центра Башкирского ГАУ (п. Ягодная поляна, Уфимский район).

Рабочий процесс протравливателя происходит в полуавтоматическом режиме. Для непрерывной и равномерной подачи зерна имеется бункер-накопитель, где расположены мембранные датчики верхнего и нижнего уровней семян, обеспечивающие автоматическую загрузку протравливателя, откуда через дозирующую щель, регулирующую затвором, самотеком поступают во вращающийся смесительный барабан.



внешний вид



схема

Рисунок 1.23 Протравливатель семян барабанный ПСБ-1,5

1 – бункер; 2 – барабан; 3 – затвор; 4 – привод; 5 – выгрузное окно;
6 – приемно-накопительный кожух; 7 – форсунка; 8 – заборный трубопровод;
9 – вентилятор; 10 – напорный трубопровод; 11 – завихритель

Суспензию ядохимикатов загружают в резервуар, который находится на одном уровне с распылителем, откуда она самотеком поступает к распылителю, где за счет сжатого воздуха, подаваемого компрессором, распыляясь до туманообразного состояния, подается в барабан. В процессе дальнейшего перемешивания семян барабаном распыленная суспензия дополнительно распределяется по поверхности семян.

Воздух засасывается из приёмно-накопительного кожуха и по заборному трубопроводу вентилятором нагнетается по напорному трубопроводу в камеру протравливания, проходя через завихрители, воздух движется в барабане по спиральной траектории. Разгрузку протравленных семян можно производить как в мешки, так и в транспортные средства, так как выгрузной шнек съёмный.



а)



б)

Рисунок 1.24 Протравливатель семян барабанный ПСБ-1,5

а – на учебно-опытной станции (2007), б – на производственных испытаниях в 2008 г.

Для повышения качества покрытия семян протравителем созданы усовершенствованные конструкции ПСБ-4,0 и ПСБ-10, которые также хорошо зарекомендовали себя на производстве [223].



а)



б)

Рисунок 1.25 Протравливатель семян барабанный ПСБ-4 и ПСБ-10 на производственных испытаниях в 2008 и 2009 г.г.

Усовершенствованные конструкции протравливателей ПСБ-4 удостоены дипломов 2 степени на XVIII специализированной выставке «Агрокомплекс-2008» и на XIX специализированной выставке «Агрокомплекс-2009» (г.Уфа).



а)



б)

Рисунок 1.26 Протравливатель семян барабанный ПСБ-4 на специализированных выставках «Агрокомплекс»
а – 2008 г., б – 2009 г.

Протравливание химическими протравителями производится не только в условиях стационарного пункта, но и непосредственно в процессе посева или посадки. При протравливании клубней картофеля одновременно с посадкой используют приспособления к картофелесажалкам СКМ-6, СН-4Б, позволяющие обрабатывать клубни ядохимикатом в сошниках сажалки [100,119]. Клубни, выпадая из ложечек вычерпывающих аппаратов, проходят через факел распыла, покрываются раствором препарата и падают в борозду (рисунок 1.27). Опыты показали, что степень покрытия клубней препаратом в данном случае не обеспечивается, снижается производительность сажалки на 20 % [115,167], отмечается контакт сажальщиков и окружающей природы с высокотоксичными химическими препаратами [69], повышаются трудозатраты с 0,2 чел.—ч./га в стационарных условиях до 7,53 чел.—ч./га [175]. Но в последние годы разработан ряд устройств для обработки картофеля непосредственно в процессе посадки (аппликаторы), имеющие высокие показатели в работе: протравливатель картофеля «Заря», оборудование для протравливания клубней картофеля ОПК-4 [145].

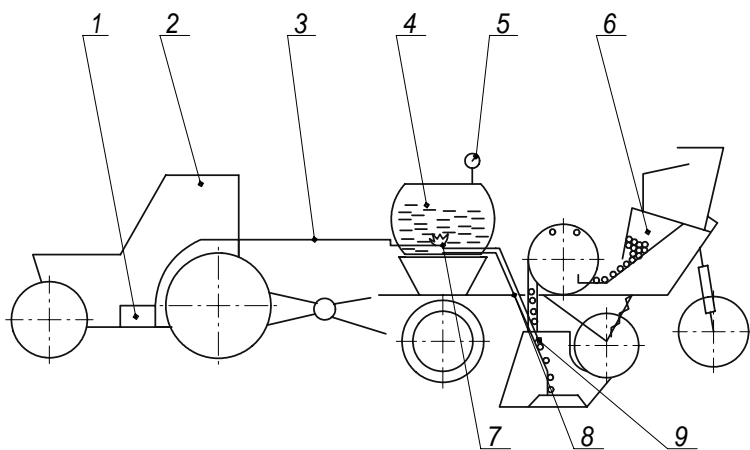


Рисунок 1.27 Приспособление ВНИИКХ к картофелесажалкам для опрыскивания клубней в сошниках.

- 1 – компрессор с ресивером; 2 – трактор; 3 – воздухопровод;
4 – резервуар с рабочей жидкостью; 5 – манометр; 6 – картофелесажалка;
7 – пневмомешалка; 8 – штанга; 9 – распылитель

Химический метод получил широкое развитие, благодаря высокой эффективности, универсальности, скорости и простоте применения широкой гаммы препаратов. Однако стоимость химических средств высока, а негативные аспекты (высокая токсичность многих препаратов, практическое отсутствие

избирательности действия и кумулятивные свойства, разрушение биологических связей, развитие резистентных линий вредителей и патогенов и др.) привели к необходимости разработки и использования других технологий и технических средств предпосевной обработки семян сельскохозяйственных растений [12, 26, 54-55, 89-90, 95, 170, 201].

1.2. Технологии и технические средства подготовки и использования физических факторов

Использование современных комплексов в растениеводстве для увеличения урожайности указывает на многообразие факторов воздействия на семена и развитие растений и приводит к постановке проблемы – увеличение продуктивности в растениеводстве при снижении энергоматериальных затрат [22].

Химические способы предпосевной обработки эффективны против ряда болезней, передаваемых через зараженные семена и являются традиционными методами обработки. Однако они являются и существенно затратными, что и объясняет отсутствие данной технологии во многих хозяйствах России. Расходы, связанные с химической обработкой доходят до 20 % цены посевного материала [180].

Помимо этого химические обеззараживающие средства подвергаются критике, так как обуславливают устойчивость патогенов. Экологические аспекты для пользователей также являются известными и публично обсуждаемыми проблемами, возникающими при химической обработке семян. Развитие органического сельского хозяйства обусловило появление ряда законодательных актов, ужесточающих поступление химических веществ в агросистемы, что явилось причиной поиска физических способов обработки семян как альтернативы химическим. Ситуация усугубилась тем, что с 2004 г. в западных странах для органических хозяйств запрещено применение семян для посева, обработанных традиционными химическими методами. С ростом количества органических ферм, а также с переходом к устойчивым методам ведения сельского хозяйства физические методы обработки семян будут все более востребованными.

В связи с этим, в настоящее время повышается интерес к использованию различных физических факторов для борьбы с болезнями и повышения посевных качеств семян. На сегодняшний

день известно много способов предпосевной обработки семян, повышающих посевные качества семян (термический способ, облучение инфракрасными и гамма лучами, обработка лазером и ультразвуком, высокочастотный нагрев, применение электрических и магнитных полей и др.) [68,117,137,142,240].

Тепловая (термическая) обработка является зарекомендовавшим себя методом обработки семян, в соответствии с которым семена нагревают посредством воды, пара, воздуха или других теплопроводящих сред. Основным критерием при этом методе является комбинация факторов температуры и времени, а также критические значения температур, при которых погибают болезнетворные организмы, а также критическая температура гибели семян. При низкой температуре обработки болезнетворные организмы могут выжить, однако слишком высокая температура приводит к снижению всхожести и омертвлению семян [72].

Термическая обработка семян перед посевом значительно повышает их всхожесть и энергию прорастания, однако она очень трудоемкая [103]. Главным недостатком этого метода является высокое содержание влаги в семенах после обработки, что приводит к большому расходу энергии, необходимой для сушки семян. Этому способу существует альтернатива. Институт аграрной инженерии университета в Упсале (Швеция) разработал сеялку для посева влажных семян. Семена перед загрузкой в сеялку продувают теплым воздухом. Эта высевающая система запатентована шведской ассоциацией снабжения и с-х. маркетинга фермеров [187]. Лабораторные и полевые исследования этого способа обработки семян были поддержаны проектом ЕС и проводились в пяти странах: Швеции, Дании, Германии, Австрии и Италии. В соответствии с этим проектом разработана установка производительностью 1 т/ч. Шведская компания Asanova AB работает над расширением производительности этого способа и применении его не только для органических хозяйств, но и для традиционных хозяйств (www.It.slu.se/destf).

Применение электромагнитных волн в микроволновом диапазоне и высоких частотах для обработки семян характеризуется очень высокой интенсивностью нагрева, а также проникновением тепла во внутренние ткани семян. В результате чего возрастает вероятность снижения всхожести семян, при недостаточной эффективности уничтожения болезнетворных организмов. Этот

способ практически не является возможным для применения, так как при этом способе высушивается поверхность семян и вместе с болезнетворными организмами погибают сами семена. Для предотвращения высушивания семян водяной пар впрыскивают в зону микроволновой обработки семян. Микроволновая обработка с добавлением пара происходит при температуре 67-75°C и ее преимуществом является очень короткий период обработки от 3 до 10 минут.

В работах Бородина И.Ф., Тарушкина В.И., Девяткова Н.Д. экспериментально установлены проявления резонансного воздействия электромагнитных волн СВЧ-диапазона на биологические объекты. Выявленные эффекты могут быть использованы в семеноводстве для улучшения посевных свойств семян. Ими установлено, что воздействие малыми дозами приводит к стимуляции метаболизма (обменных процессов) биоклеток семян: повышению активности ферментов, активизации всхожести, энергии прорастания и силы роста. С увеличением доз в начале наблюдаются стрессовые явления в биоклетках, а затем их агония и гибель.

При оценке стимулирующего эффекта необходимо учитывать всю совокупность факторов, обеспечивающих и ограничивающих их положительную реакцию. Как утверждают ученые [161], недостаточно изучена динамика физиолого-биохимических изменений семян и растений изучаемых культур, нередко не учитываются почвенно-климатические факторы, которые при посеве могут модифицировать или нивелировать действие ЭМП СВЧ.

Микроволновая обработка позволяет полностью уничтожать болезнетворные организмы без снижения всхожести семян. Семена не увлажняются, отпадает необходимость в сушке. Недостатком способа микроволнового воздействия является неравномерность нагрева семян и необходимость продолжительной подготовки семян, не обеспечивающей поточности производства [3].

Проведенные нами исследования по микроволновой обработке подтвердили способность уничтожения болезнетворных организмов без снижения всхожести семян с установлением режимов обработки [221].

В последнее время коммерциализован способ обработки семян электронами, обладающими низкой энергией. При этом способе интенсивной обработке подвергается только верхний слой семян. В 1995 г. пилотный завод был разработан в институте электронного

излучения и плазменной техники в Фраунховере (Германия) для обработки семян зерновых электронами в условиях вакуума при производительности 10 т/ч. С 1997 г. проводились работы по созданию установки для работы в условиях семенных хозяйств и при атмосферном давлении. В настоящее время уже разработаны машины для обработки семян при производительности 20-30 т. Созданные электронные машины для обеззараживания семян работают по принципу телевизионной трубки: поток электронов движется от накаливаемого вольфрамового катода к аноду и направляется через специальное окно устройства на семена. Энергия электронов рассчитана так, чтобы они проникали лишь в определенный поверхностный слой – семенную оболочку, но не глубже. В этом поверхностном слое толщиной около 0,05 мм электроны теряют свою кинетическую энергию, что ведет к омертвлению микроорганизмов. Восприимчивый зародыш к электронам не получает облучение. Благодаря этому исключается его повреждение, и данный метод не приводит к фитотоксическим либо генетическим побочным действиям такого рода, как мутация. Единственная большая сложность метода состоит в том, что вся поверхность зерен в потоке семян должна подвергаться бомбардировке электронами одновременно, поскольку только тогда может быть достигнуто надежное обеззараживающее действие. Электронная обработка дешевле химических способов, остатки семенного материала по усмотрению могут быть заложены на хранение либо скормлены скоту [187]. Однако этот способ пригоден к промышленному использованию только в стационарных условиях, так как необходимо строительство защитных сооружений, изолирующих аппаратуру – ускоритель электронов и зону облучения.

Облучение инфракрасными лучами является наиболее простым из физических способов. Однако малая глубина их проникновения затрудняет применение этого метода.

Облучение семян рентгеновскими лучами также улучшает их посевные качества и повышает урожайность. Но данный метод имеет ограниченный круг использования, так как результаты такой обработки зависят от жесткости рентгеновских лучей, дозы облучения, влажности зерна и его физиологической зрелости.

Способ воздействия на семена, помещенные в газопламенную среду, образованную электрическим разрядом позволяет ускорить процесс прорастания семян, увеличить продуктивность

сельскохозяйственных культур при предпосевном стимулировании жизнеспособности и продуктивности семян. Недостатком данного способа является потенциальная необходимость чистого производства в связи с наличием вакуумной системы и низкую производительность, связанную с необходимостью разгерметизации системы при загрузке и выгрузке семян с последующим процессом создания низкого давления для проведения обработки [2]. Применение способа предпосевной обработки семян, в котором обработку ведут излучением плазмы газового разряда, ограничено тем, что подбор параметров излучения для эффективного воздействия на конкретный посевной материал сопряжен с большими техническими трудностями [4]. Способ лазерного облучения с высевом семян непосредственно после облучения без отлежки требует длительной экспозиции (4-12 ч.) облучения и потому малопродуктивен [1]. Способ предпосевной стимуляции семян гамма лучами также увеличивает продолжительность подготовки семян и не обеспечивает поточности производства [5].

В настоящее время физические приемы предпосевной обработки семян, в основном применяются в овощеводстве, где показывают высокие положительные результаты [6,18,81,205].

1.3. Технологии и технические средства подготовки и использования биологических средств

Биологическому методу в системе интегрированной защиты растений уделяется значительное внимание, что объясняется экологической безопасностью используемых биологических средств для окружающей среды, человека и сельскохозяйственных животных [86]. Под биологическим методом понимается использование живых организмов и продуктов их жизнедеятельности для предотвращения или уменьшения ущерба, наносимого вредными организмами, сущность которого состоит в использовании биологических регуляторов численности популяций вредителей, сорняков, патогенов сельскохозяйственных культур, в качестве которых выступают организмы (энтомофаги, акарифаги, антагонисты, возбудители и др.) или же вырабатываемые ими биологические активные вещества (гормоны, феромоны и др.) [95].

Известно, что активная жизнь возбудителей болезней зависит от активности других микроорганизмов. Как правило, она непродолжительна, так как патогенные грибы, приспособленные к

паразитическому образу жизни, не могут противостоять антагонизму сапрофитных микроорганизмов [29].

Известно большое количество микробов-антагонистов фитопатогенных грибов среди актиномицетов, грибов, а также бесспорных и спорных образующих бактерий. Механизмы воздействия микроорганизмов на патогенные грибы очень разнообразны. Если создать определенные условия, можно воздействовать на патоген и частично ослабить его агрессивность или создать благоприятные условия для его антагонистов [56].

Антагонисты при определенных условиях могут подавлять размножение своих конкурентов в почве, примыкающей к корням. В отдельных случаях они проникают внутрь растения и поражают там возбудителя инфекции [29,40].

Для борьбы с возбудителями болезней растений применяют: грибы-антагонисты; бактерии-антагонисты; вирусы-антагонисты. Они широко распространены в почве и продуцируют активные антибиотики, которые обладают антигрибными и антибактериальными свойствами. Применение ряда антагонистов грибов и бактерий позволяет бороться с некоторыми возбудителями корневых гнилей зерновых культур и овощей, таких как фузариоз.

Результаты проведенных исследований по испытанию биологических препаратов защитно – стимулирующего действия в борьбе с корневой гнилью пшеницы показали, что биопрепараты полиоксин и трихотецин снижали развитие обыкновенной корневой гнили на 40-50 % и повышали урожай зерна на 3,2-5,9 ц/га [141].

Также, полученные опытные результаты С.М. Вьюгином, Г.В. Вьюгиной и М.М. Филимоненковой доказывают, что биологические препараты несколько не уступают химическим [46].

Проведенная ими сравнительная оценка по эффективности псевдобактерина-2 и фундазола против возбудителя корневой гнили показала, что у биопрепарата показатели эффективности протравливания и опрыскивания растений в фазе выхода в трубку были сопоставимы.

При обработке семян фитоспорином-М и опрыскивании посева в фазе кущения препаратами трезор или топик и фитоспорином-М прибавка урожая составила 0,56 т/га [140].

Как показывает статистика, применение биопрепаратов рентабельно (270 %), что объясняется их сравнительно низкой ценой.

В настоящее время разработаны технологии применения биопрепаратов на основе симбиотических и ассоциативных азотфиксирующих и фосфатмобилизующих микроорганизмов, а также микроорганизмов, продуцирующих фитогормоны, витамины, органические кислоты, антибиотики и другие биологически активные вещества. Это способствует улучшению минерального питания растений, повышению их устойчивости к различным стрессам и фитопатогенам, росту урожайности и качества продукции растениеводства при сохранении плодородия почв.

Рост объемов применения биологических средств защиты растений в настоящее время в значительной степени сдерживается отсутствием специальных технологий и специализированных технических средств для их реализации. С внедрением интегрированной системы защиты растений, где предпочтение отдается биологическому методу, у камерных протравливателей, имеющих значительные преимущества перед шнековыми, выявился основной их недостаток по отношению к данному методу — отрицательное воздействие рабочих органов на живые бактерии, грибы и вирусы, которые составляют основу биопрепаратов. Следует отметить, что применение биопрепаратов при предпосевных обработках семян можно реализовать барабанными протравливателями [128].

На кафедре сельскохозяйственных машин совместно с лабораторией биотехнологии научно-экспериментального комплекса Башкирского госагроуниверситета нами проведены исследования по определению влияния технологических процессов происходящих в машинах для защиты растений на жизнедеятельность бактерий рода *Bacillus subtilis* [113].

В качестве исходного материала выбран штамм *B. subtilis* 26Д, основа широко распространенного биопрепарата Фитоспорин — М [27].

Была проверена реакция бактерий на избыточное статическое давление, транспортировку под давлением по трубопроводу с арматурой, воздействие шестеренчатого насоса, механического перемешивания, создание аэрозоля дисковыми и гидравлическими распылителями.

Реакция на воздействие оценивалось по численности микроорганизмов способных к размножению, которое определялось методом титрования на твёрдой агаризованной среде (МПА) на

чашках Петри. Чашки инкубировали в термостате при 37° С в течение 24 часов, после чего производили подсчет выросших колоний. Эта численность сопоставлялась с контролем, исходным препаратом, неподверженным воздействию и находившимся вместе с пробой в одной среде инкубирования, разница между ними оценивалась как реакция на воздействие. Определение реакции микроорганизмов на избыточное статическое давление и распыление гидравлической форсункой проводилось на установке, состоящей из герметичного резервуара, пневматического насоса, манометра и трубопровода с распылителем. На препарат исходной концентрации ($\sim 3,5 \cdot 10^9$ КОЕ/мл) в течение 60 мин. воздействовали избыточным давлением в 100, 200, 300 и 400 кПа поочередно. С интервалом 10 мин. производился отбор проб через распылитель и непосредственно из резервуара.

Результаты опытов показали, что воздействие избыточного статического давления и гидравлической форсунки не оказывает существенного влияния на развитие колоний микроорганизмов.

Воздействие транспортировки препарата под давлением по трубопроводу с арматурой и шестеренчатого насоса определялось на экспериментальной установке, состоящей из резервуара, насоса и трубопровода с арматурой образующих замкнутый контур. Препарат после прохождения контура сливался вновь в резервуар. Для оценки воздействия насоса длина трубки выбиралась минимальной, для оценки воздействия транспортировки под давлением по трубопроводу с арматурой – трубка выбиралась значительно длиннее и с наличием местных сопротивлений в виде изгибов, вентилях, сужений. Через каждые 10 мин. работы производился отбор пробы из резервуара, и оценивалась реакция микроорганизмов, как и в предыдущем случае. Приведённые на рисунке 1.28 данные свидетельствуют, что при транспортировке препарата под давлением по трубопроводу с арматурой и воздействию шестеренчатого насоса количество способных к размножению микроорганизмов уменьшается. Анализ результатов экспериментов позволил определить уравнение динамики угнетения микроорганизмов [179]:

$$x_2(t) = x_1 - k \cdot t,$$

где x_1 – начальная концентрация микроорганизмов, КОЕ/мл;
 x_2 – концентрация микроорганизмов в момент времени t , КОЕ/мл;
 k – коэффициент угнетения негативным фактором.

Количество
клеток в 1 мл,
 $\times 10^9$

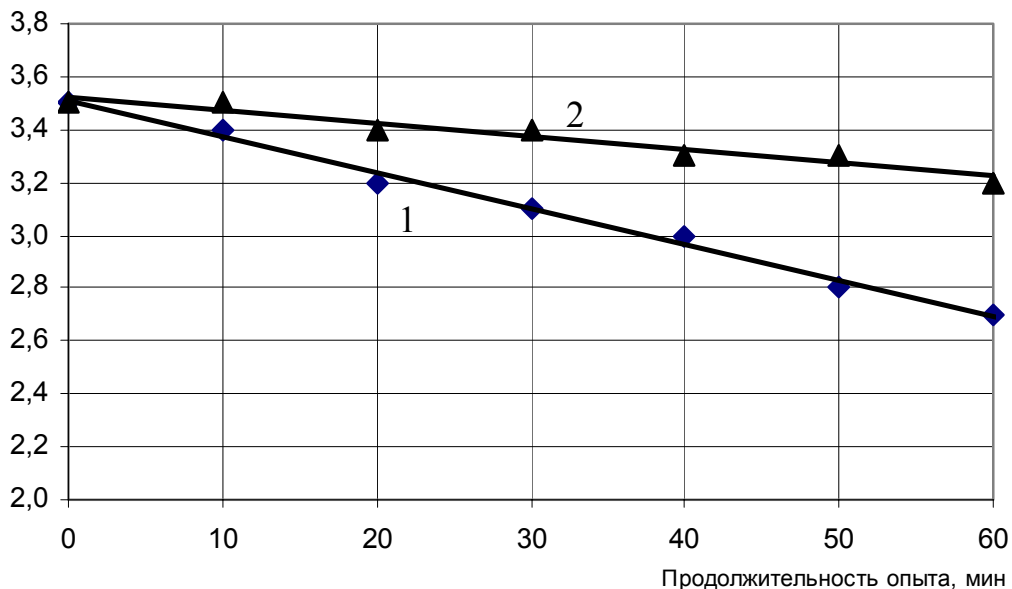


Рисунок 1.28 Влияние воздействия насоса (1) и движения препарата по трубопроводу с арматурой (2) на количество микроорганизмов, способных к размножению

Полученные данные свидетельствуют, что при использовании машин, осуществляющих гидравлическое перемешивание за счёт обеспечения рециркуляции части рабочей жидкости насосом, продолжительное воздействие может снизить жизнеспособность или вызвать гибель используемых микроорганизмов.

Эксперименты по определению реакции микроорганизмов на механическое воздействие (перемешивание, использование дискового распылителя) проводились на установке, состоящей из дискового распылителя 1 ($R = 80$ мм) (рисунок 1.29), приводимого во вращение электродвигателем 2 ($n = 2850$ мин⁻¹), распылитель помещен в герметичный резервуар 3. Через каждые 10 мин. работы производили отбор пробы из резервуара и оценивали реакцию микроорганизмов, как и в предыдущих случаях.

Приведённые на рисунке 1.30 данные свидетельствуют, что при продолжительном механическом воздействии количество способных к размножению микроорганизмов уменьшается.

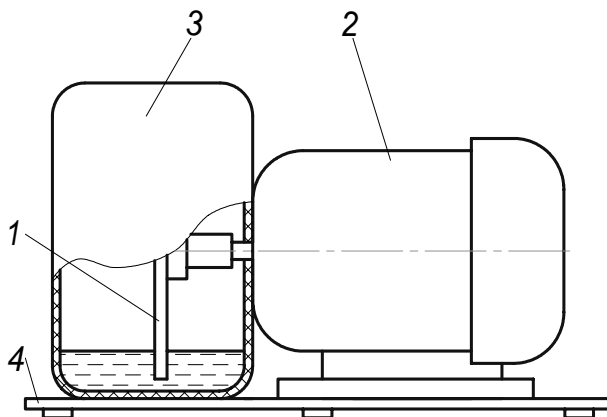


Рисунок 1.29 Экспериментальная установка для оценки влияния механического перемешивания и создания аэрозоля дисковыми распылителями

1 – диск; 2 – электродвигатель; 3 – резервуар; 4 – основание

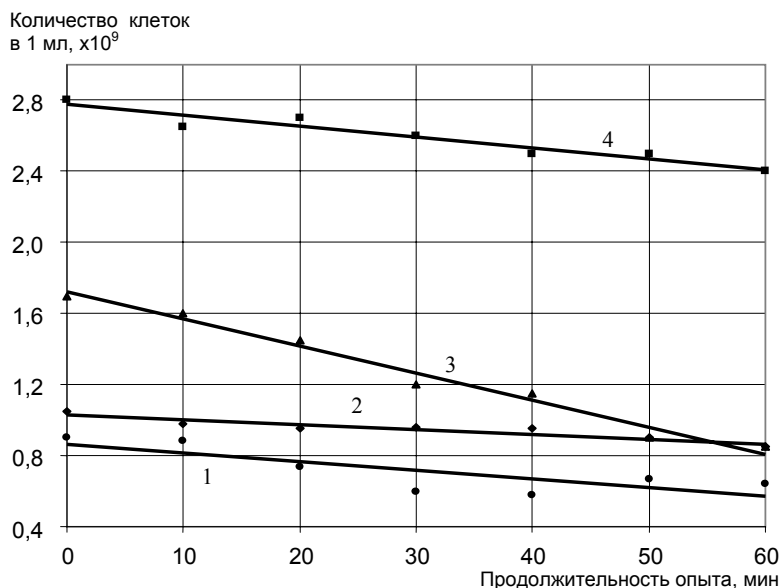


Рисунок 1.30 Влияние продолжительности механического воздействия на количество микроорганизмов, способных к размножению

1 – штамм 1; 2 – штамм 2; 3 – штамм 3; 4 – штамм 4

Таким образом, использование машин, осуществляющих механическое перемешивание, даже непродолжительное воздействие может вызывать снижение жизнеспособности и(или) гибель используемых в настоящее время микроорганизмов.

Создание конструкции машин предназначенных для использования биопрепаратов на основе живых микроорганизмов должна вестись с учётом ряда рекомендаций полученных по результатам выше приведенных исследований:

- ограничить время воздействия центробежных или иных механических распылителей и мешалок;
- осуществлять подачу рабочей жидкости за счет статического давления, например нагнетанием воздуха в бак, или применять насосы с малыми скоростями рабочих органов, например мембранные;
- минимизировать длину трубопроводов и ограничить установку арматуры создающих местные сопротивления.

Однако в практике сельского хозяйства широкому применению биопрепаратов препятствует отсутствие серийных машин для обработки семян, приспособленных для использования в них микробиологических препаратов.

1.4. Технологии и технические средства для инкрустации

Общий недостаток различных способов протравливания – большие потери препарата от осыпания или испарения. Для более прочного закрепления препаратов на поверхности семян рекомендовано и широко внедряется обработка семян пленкообразующими составами или инкрустация [34,96,176].

Инкрустирование (англ. Seed incrustation, film coats; нем. Saatgutinkrustierung; франц. Pellicule des semences) – специальный способ влажного протравливания семян с добавлением связующего (плёнообразного) вещества.

В период начала развития, во время отсутствия развитой корневой системы, всходы семян растений переживают острый дефицит в микро- и макроэлементах, наиболее уязвимы к болезням и вредителям. Поэтому целью инкрустации является защитить растения от возбудителей бактериальных, грибных и вирусных заболеваний, а также уберечь молодые всходы от болезнетворных микроорганизмов, дать стартовую дозу микро- и макроэлементов для ускоренного их развития и дальнейшего повышения урожайности. Обогащение семян микроэлементами и биологически активными веществами посредством инкрустации семян защитно-стимулирующими составами – наиболее доступный способ повышения интенсивности биохимических превращений в прорастающих семенах, а также стимуляции прорастания и развития растений. Инкрустация семенного материала предполагает решение следующих задач:

- обеззараживание семян и посадочного материала от внутренней и внешней инфекции болезней;

- борьба с болезнетворными бактериями и вредителями всходов;
- стимуляция роста и развития растений;
- обеспечение растений микроэлементами.

Инкрустирование исключает в большей степени осыпание и потери протравителя при погрузочно-разгрузочных и транспортных работах. Для пленкообразующих составов используют протравители контактного и системного действия. В процессе инкрустирования связующее вещество наносят на семена после обработки средствами защиты (смачивающийся порошок, водный концентрат эмульсии, паста) или предварительно смешивают с ними. Плёнкообразующие составы закрепляют средство защиты на семенах и исключают его осыпание. В нашей стране этот способ получил название «протравливание семян плёнкообразующими составами». Очень тонкая плёнка создаёт оболочку вокруг семени, не изменяя его форму и размер. При инкрустировании средства защиты фиксируют на семени с помощью вяжущего вещества (прилипателя), что исключает или значительно сокращает потери препарата, обеспечивая точную дозировку и равномерное распределение его по поверхности семян, увеличивает срок защитного действия. При этом затягиваются трещины и повреждения на самом семени, что уменьшает повторное заражение семян в почве. Толщина и масса семян при этом возрастает незначительно (на 0,01–1 мм, и 1–2 % соответственно). Поэтому указанный способ рекомендован для семян, по размеру и форме пригодных для посева с помощью сеялок точного высева [187].

Современные протравители производятся химической промышленностью в виде смачивающихся порошков, содержащих различные добавки, благодаря чему экономнее расходуются препараты и повышается качество протравливания. Однако более технологичными и благоприятными технологическими свойствами обладают уникальные препаративные формы протравителей, такие, как водно-суспензионные концентраты, концентраты суспензий, водные суспензии, пасты. Они содержат высокоактивные действующие вещества, эффективный прилипатель, различные стимулирующие ингредиенты и краситель, благодаря которому возможен визуальный контроль количества протравленных семян [122,143].

Основное преимущество инкрустирования перед протравливанием – снижение потерь препаратов. По данным ВИЗР, удерживаемость препарата витавакса на семенах злаковых культур при нанесении их с плёнкообразователем – натриевой солью карбосилметилцеллюлозы (NaKMLJ) возрастала до 91,3 % и составляла после сева 86,6 % (в контроле, без плёнкообразователя – 42 %). Благодаря инкрустированию снижается снос пестицидов ветром при посеве, уменьшается степень загрязнения ими почвы, так как активное вещество попадает в почву локально, образуя ограниченную зону защиты семян. Кроме того, установлено, что плёнкообразователи связывают почвенные частицы и являются прекрасными структурообразователями [123].

В бывшем СССР технология защиты семян с использованием плёнкообразующих полимеров рекомендована к внедрению с 1982 г. [192].

Из плёнкообразователей получили распространение водорастворимые полимеры: NaKMЦ, ПВС [133]. Помимо водорастворимых полимеров, которые перед применением необходимо растворять в холодной или горячей воде и смешивать со средствами защиты, используют препарат уныш – готовый к применению плёнкообразующий протравитель [120].

Существенными преимуществами отечественных водорастворимых полимеров перед большинством зарубежных, для использования которых необходимы органические растворители, является их невысокая стоимость и безопасность в применении (они не взрывоопасны и не ядовиты).

В Великобритании фиксация химических средств защиты на семенах злаковых и овощных культур при помощи водорастворимых полимеров заменяет любой из видов протравливания [246].

Наиболее распространенным в Европе плёнкообразующим веществом, применяемым в качестве закрепителя средств защиты на поверхности семян, является средство закруст, изготавливаемое на органических растворителях [255].

Многочисленными опытами фирмы Sarea установлена хорошая переносимость семенами пшеницы повышенных доз плёнкообразователя закруста. Для зерновых его расход составляет 300–600 г. на 1 ц. семян. В опытах, в которых использовали до 1–3 кг/ц закруста в сочетании с различными пестицидами (байтан,

арбозан), всхожесть пшеницы достигала 91–96,3 % (в контроле 85,7 %), ячменя – 93,7–96,7 % (в контроле 97,7 %) [255].

Сопоставив недостатки применяемых для обработки семян органических растворителей и преимущества полимеров, фирма Ciba – Geigy (ныне «Сингенти», Швейцария) разработала специальную препаративную форму – промет (30 % водный концентрат) содержащую неорганический водорастворимый полимер и инсектицид (фуратиокарб в количестве 300 г/л). Промет является соединением с широким спектром действия, благодаря системному действию он защищает семена на протяжении 6–8 недель после сева. В бывшем СССР для этой цели использовали фентиурам, который был запрещен к применению в конце 80-х г.г. из-за превышения ПДК вредных веществ в рабочей зоне при протравливании. Для инкрустирования семян рапса фирма Ciba – Geigy выпустила специальный инсектофунгицид рапкол 46 (порошок), содержащий 40 % фуратиокарба, 2,5-металоксидила и 3,5 % тиабендазола [177].

Первые серийно выпускаемые отечественные машины для работы с плёнообразователями появилась в конце 80-х г.г. под маркой КПС-10, 20 и 40, разработанной в ГСКТБ «Львовсельхозхиммаш».

Стационарный комплекс КПС-40 обеспечивает нанесение на семена одного или нескольких видов фунгицидов, а также микроэлементов и плёнообразующих веществ, технологический процесс осуществляется в автоматическом режиме (рисунок 1.31). Конструкция обеспечивает бесконтактный контроль расхода пестицидов без остановки технологического процесса, оборудование герметично и снабжено воздухоочистительными устройствами, обеспечивающими удовлетворительные санитарно-гигиенические условия труда.

КПС-40 состоит из взаимосвязанных единым технологическим процессом сборных единиц с электроприводом рабочих органов. Измельчитель служит для дробления плёнообразующего полимера (На КМЦ, ПВС и др.) и подачи его в бак-смеситель. Загрузочное устройство предназначено для разгрузки компонентов в бак-смеситель. Управление осуществляется дистанционно. Технологический процесс состоит из двух этапов: приготовления рабочей жидкости и обработки ею семян. Приготовление рабочей жидкости осуществляется в баке-смесителе 6. Через измельчитель загружается плёнообразующее вещество. Смесь перемешивается до

полного растворения, затем через загрузочное устройство подается ядохимикат. Рабочая жидкость перемешивается до равномерной концентрации. Обработка семян заключается в равномерном нанесении жидкости на поверхность семян и обдуве образовавшейся плёнки подогретым воздухом. Исходные семена поступают в бункер протравливателя, далее через дозатор семян – в камеру протравливания на вращающийся диск, который распределяет их кольцевыми потоками равномерно по периметру камеры. В камере семена обрабатываются факелом распыленной рабочей жидкости. Обработываемые семена поступают в шнек, где они дополнительно перемешиваются, обдуваются теплым воздухом и подаются в бункер-накопитель. Технологический процесс протравливания непрерывный. Датчик протока и сигнализаторы уровня семян обеспечивают процесс протравливания в автоматическом режиме [187].

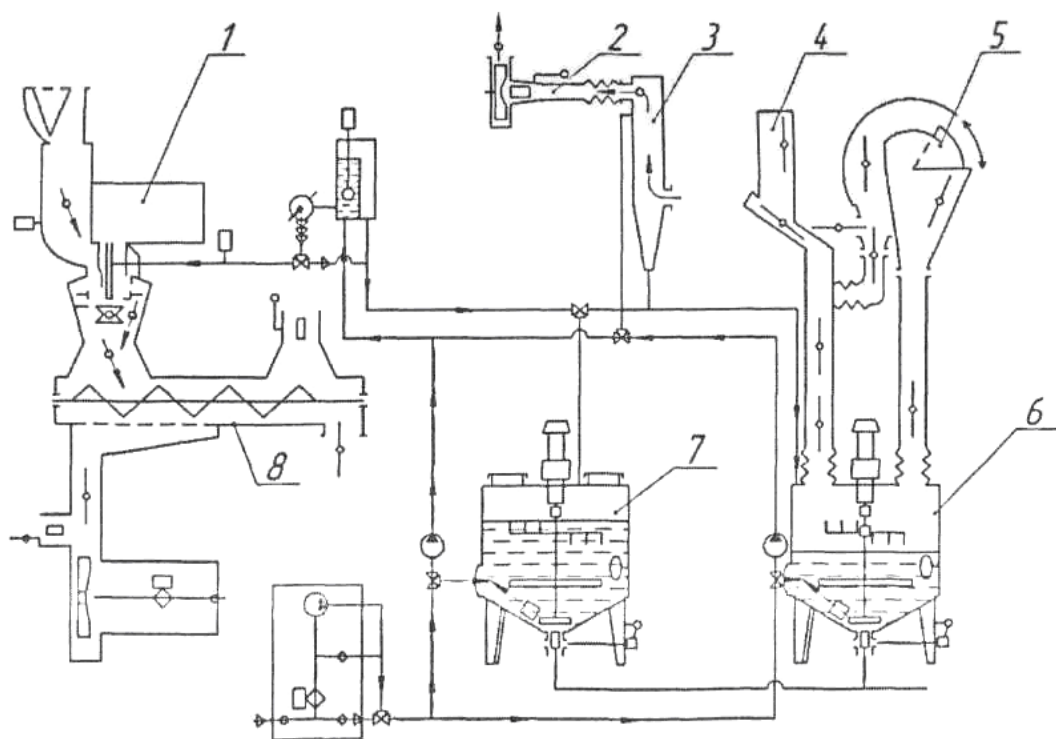


Рисунок 1.31 Стационарный комплекс КПС-40

1 – протравливатель, 2 – система отсоса, 3 – пылеуловитель,
4 – измельчитель, 5 – устройство загрузочное,
6, 7 – баки смесители, 8 – шнек

Для инкрустирования также используют агрегаты стационарного типа АПС-4 (рисунок 1.32), АПЗ-10 (рисунок 1.33) предназначенных для обработки семян зерновых, зернобобовых и

некоторых технических культур суспензиями пестицидов и пленкообразователей.

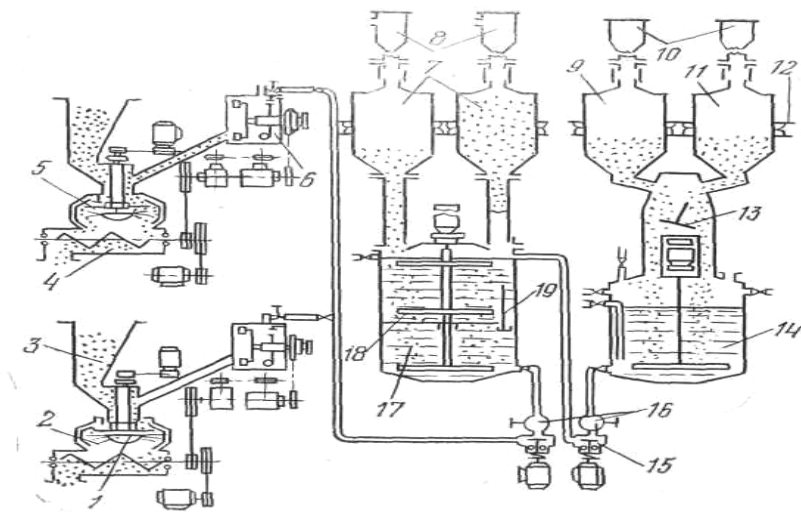


Рисунок 1.32 Технологическая схема агрегата АПС-4

1 – распылитель; 2 – камера протравливания; 3 – бункер для семян; 4 – выгрузной шнек; 5 – рассеивающий диск; 6 – дозатор жидкости; 7 – бункер для пестицида; 8 – бункер; 9 – бункер для суперфосфата; 10 – загрузочное устройство; 11 – бункер для хлористого калия; 12 – вибропитатель; 13 – дозирующий механизм; 14 – резервуар; 15 – насос; 16 – фильтр; 17 – резервуар для суспензии; 18 – механическая мешалка

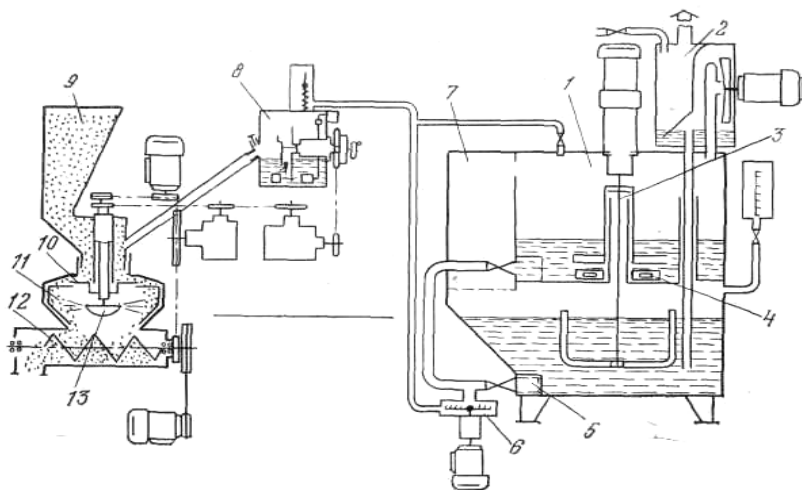


Рисунок 1.33 Технологическая схема АПЗ-10

1 – резервуар; 2 – воздухоочистительное устройство; 3 – механическая мешалка; 4 – электронагреватель; 5 – фильтр; 6 – насос; 7 – загрузочный лоток; 8 – дозатор суспензии; 9 – бункер для семян; 10 – рассеивающий диск семян; 11 – камера протравливания; 12 – выгрузной шнек; 13 – распыливающий диск суспензии

Также для инкрустации можно применять протравливатели ПС-10, ПС-10А и ПСШ-5, предназначенные для мелкодисперсного протравливания. В этом случае их необходимо переоборудовать для

инкрустации семян [237]. Переоборудование ПС-10А заключается в том, что демонтируются вертикальный, отгружающий шнеки и шнек камеры, и вместо них устанавливается наклонный отгружающий шнек, приемный конец которого установлен непосредственно под камерой протравливания (рисунок 1.34). Для уменьшения дробления семян и улучшения технологического процесса спирали загрузочного и отгрузочного шнеков оборудованы щеточными сегментами, изготовленными из полиэтилена высокого давления.

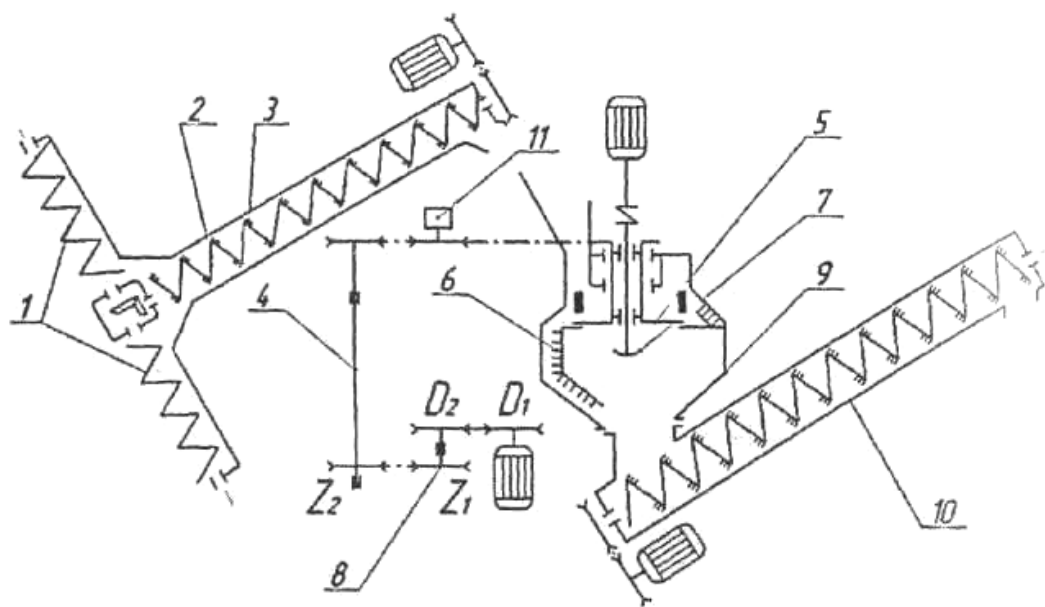


Рисунок 1.34. Схема переоборудования протравливателя ПС-10А для инкрустации семян гороха

1 – боковые (подбирающие) шнеки; 2 – загрузочный шнек;
3 – щетки; 4 – промежуточный вал; 5 – диск семян; 6 – чистик камеры;
7 – распылитель; 8 – механизм привода промежуточного вала; 9 – камера протравливания; 10 – отгружающий шнек; 11 – дозатор суспензии

Переоборудование ПСШ-5 заключается в следующем: для уменьшения дробления семян и улучшения технологического процесса производят обрезаживание шнеков, предварительно урезав шнек на 15 мм (рисунок 1.35). Кроме того, уменьшают частоту вращения шнека с 340 до 220 об./мин. Для приготовления раствора плёнкообразующего полимера устанавливают дополнительные ёмкости.

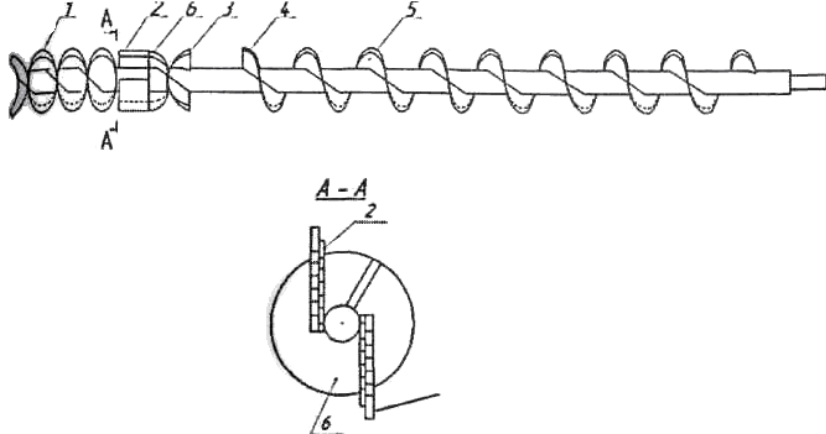


Рисунок 1.35. Рабочий орган протравливателя ПСШ-5

1 – заборный конец шнека, 2 – лопатка, 3 – двухзаходная спираль накопительной камеры, 4 – прорезиненный ремень, 5 – выгрузная спираль, 6 – диск

Известен комплекс для инкрустации семян КИС-10/20, разработанный НИИ механизации и автоматизации с.х. производства (филиал ФГБОУ ВПО ЧГАУ), г. Челябинск (рисунок 1.36).

Инкрустатор выполняет следующие операции: приготовление рабочей жидкости – протравителя, протравливание семян, инкрустацию и выгрузку инкрустированных семян. В процессе протравливания работает система очистки воздуха.

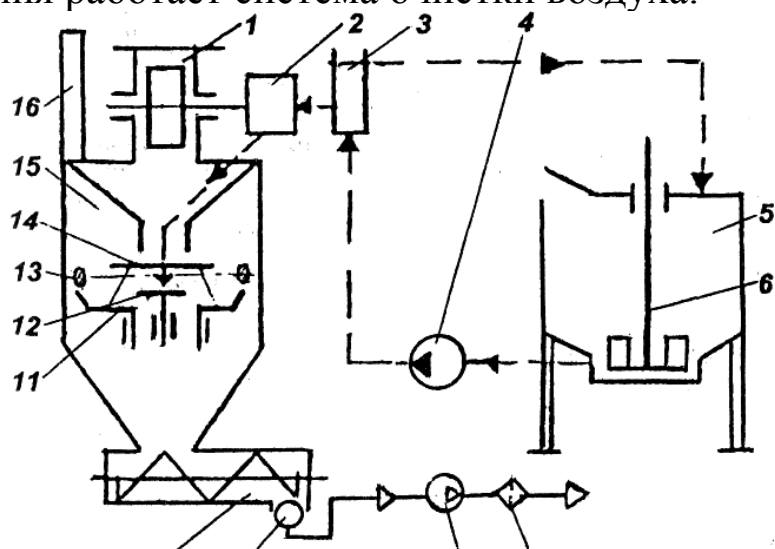


Рисунок 1.36 Принципиальная схема КИС - 10/20

1 – дозатор семян; 2 – насос-дозатор рабочей жидкости; 3 – емкость постоянного уровня; 4 – насос центробежный; 5 – бак-смеситель; 6 – мешалка; 7 – фильтр; 8 – вентилятор центробежный; 9 – заборник воздуха; 10 – шнек выгрузной; 11 – ротор семян; 12 – распылитель; 13 – кольцо; 14 – распределитель семян; 15 – камера протравливания; 16 – пульт управления

Учеными Казанского ГАУ [50] разработана установка для многослойного инкрустирования семян сахарной свеклы (рисунок

1.37), повышающая качество обработки семян защитно-стимулирующими веществами за счет придания посевному материалу нестационарного характера перемещения внутри рабочей камеры барабанного типа. Для обеспечения данного режима работы в приводах машин применили передаточные механизмы, ведомые звенья которых вращаются с неравномерной угловой скоростью за один оборот. Задачу преобразования постоянного углового вращения решили пространственным шарнирно-рычажным механизмом.

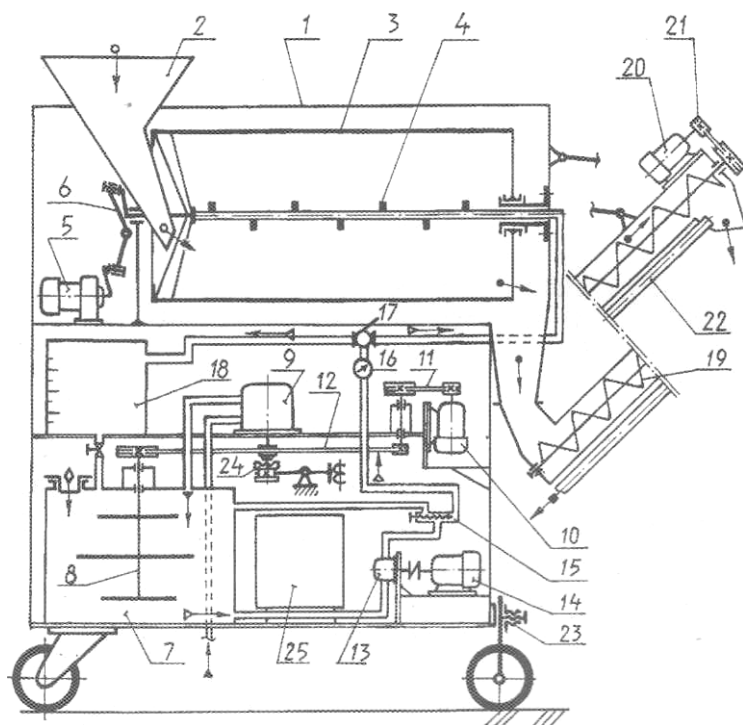


Рисунок 1.37 Технологическая схема установки для многослойного инкрустирования семян

1 – рама, 2 – загрузочный бункер, 3 – камера инкрустирования, 4 – штанга с форсунками, 5, 6 – привод барабана, 7 – бак рабочей жидкости, 8 – лопастная мешалка, 9 – заправочный диафрагменный насос, 10 – электродвигатель, 11, 12, 21 – клиноременные передачи, 13 – шестеренный насос, 14, 20 – электродвигатель, 15 – дозатор ядохимикатов, 16 – манометр, 17 – двухходовой кран, 18 – мерная емкость, 19 – шнековый транспортер, 22 – канал отсоса загрязненного воздуха, 23 – винтовой механизм регулировки наклона барабана, 24 – муфта, 25 – пульт управления

Очевидные преимущества метода инкрустирования семян, когда за счет высокой равномерности нанесения компонентов на поверхности семян формируется плотная биологически активная питательная и фунгицидная среда, которая оказывает комплексное воздействие – положительно влияет на ростовые процессы и

подавляет возбудителей болезней, приводит к постепенной замене им обычного протравливания.

С учетом этого нами предложена конструкция инкрустатора (рисунок 1.38) состоящего из загрузочного бункера с дозатором подачи семян, барабана с приводом, емкости и распылителя рабочей жидкости [228-229].

В центре боковин, закрывающих торцевые поверхности барабана, установлены осевые вентиляторы, воздушный поток которых направлен внутрь, причем со стороны подачи зерна распылителем в воздушный поток подаются рабочая жидкость с добавлением клеевого состава, а дозатором сыпучих материалов, в нагнетательный воздуховод вентилятора установленного на боковине со стороны выгрузного окна, подается защитно-стимулирующие вещества в виде порошка. Принцип работы заключается в следующем. В воздуховод осевого вентилятора распылителем подается рабочая жидкость, которая, перемещаясь вместе с воздушным потоком в виде аэрозоля, покрывает поверхность падающих семян.

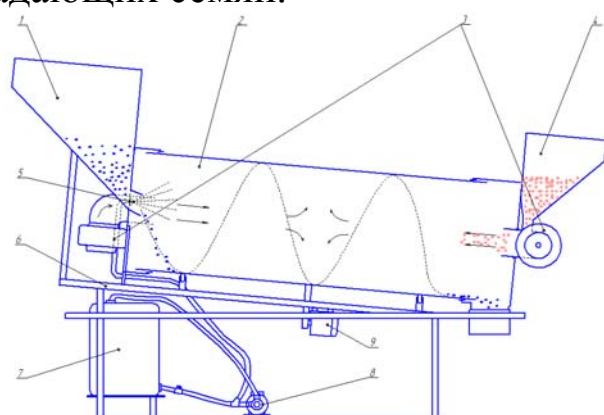


Рисунок 1.38 Барабанный инкрустатор семян БИС-4:

- 1 – бункер для семян; 2 – камера инкрустирования; 3 – вентилятор;
4 – бункер для порошкового биопрепарата; 5 – распылитель; 6 – рама;
7 – резервуар с клеящей жидкостью; 8 – насос; 9 – электродвигатель

С противоположенного конца барабана, дозатором в воздуховод вентилятора подается защитно-стимулирующее вещество в виде порошка. Порошок подхватывается воздушным потоком и, соприкасаясь с предварительно нанесенной на семена клеящей рабочей жидкости, прилипает к его поверхности [232-233].

Разработанная конструкция барабанного инкрустатора семян [159] получила диплом второй степени и серебряную медаль на XXI специализированной выставке «Агрокомплекс» (г. Уфа, 15-18 марта

2011 г.), а также награждена золотой медалью XIV Российской агропромышленной выставки «Золотая осень – 2012», г. Москва (рисунок 1.39).



Рисунок 1.39 Диплом о награждении золотой медалью XIV Российской агропромышленной выставки «Золотая осень – 2012», г. Москва и барабанный инкрустатор семян на республиканском семинаре-совещании в 2011 г.

Преимуществом данной установки является то, что она работает в двух отдельных режимах – протравливания и инкрустации. Производственные испытания показали равномерность обработки семян не менее 98 % с производительностью в режиме протравливания – 10 т/час, в режиме инкрустации – 4 т/час [228].

В данной работе не рассматривались технологии и технические средства для дражирования, хотя дражирование – один из перспективных способов, который представляет собой заключение семян в оболочку из органоминеральных, инертных и других материалов на основе связующих веществ и позволяет придавать им требуемые физико-механические свойства. Защитно-питательная оболочка улучшает условия прорастания, повышает полевую всхожесть семян, обеспечивает проростки необходимыми элементами минерального питания, предохраняет семена и всходы от неблагоприятных условий среды, увеличиваются и унифицируются форма, вес и размеры посевного материала, что позволяет проводить посев более точными нормами, сокращать количество посевного материала в 3-5 раз, а значит, и в дальнейшем отпадает необходимость прореживания всходов. Можно выделить три группы культур, в настоящее время подвергающихся дражированию - технические: рапс; хлопчатник; сахарная свекла; овощные: морковь, петрушка,

укроп, горох и т.д.; кормовые: люцерна, клевер, свекла кормовая]. Технологии и технические средства для дражирования наиболее полно отражены в работе [187] и нами не рассматривались.

Анализ применяемых технологий предпосевной обработки сельскохозяйственных культур и используемых для этого технических средств позволяет сделать выводы, что из применяемых на сегодня методов предпосевной обработки наиболее распространенными являются химический и биологический, обеспечивающие прибавку урожая до 30 % и более. К преимущественным технологиям предпосевной обработки следует отнести протравливание семян и клубней и инкрустацию семян в объемах 50 и 20 % соответственно.

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА

2.1. Имитационная модель процесса предпосевной обработки клубней дисковым протравливателем

Моделирование процесса предпосевной обработки клубней картофеля дисковым протравливателем мы осуществляем на принципах имитационного моделирования, сущность которого заключается в построении имитационной модели объекта исследования и проведения дальнейших экспериментов с этой моделью для получения конечных результатов. Имитационный метод моделирования включает в себя два этапа: построение имитационной модели исследуемого объекта и экспериментирование с этой моделью. В данной модели можно точно отразить реальную действительность, т.е. достичь необходимой степени достоверности. Следовательно, имитационное моделирование можно понимать как теоретический, так и экспериментальный метод исследования, когда испытаниям подвергается полученная на ЭВМ имитационная модель объекта [65,106]. Имитационное моделирование является достаточно мощным методом исследования объекта наряду с такими методами, как классический аппарат математического анализа [11,147].

Основой процесса протравливания является образование аэрозоля путем диспергирования рабочей жидкости и покрытие им поверхности клубней. Качество протравливания зависит от того, насколько правильно выбраны параметры и функциональные возможности протравливающего устройства, режимы его работы.

Обеспечение необходимого качества обработки клубней возможно только на основе всестороннего исследования процесса. Протравливание клубней аэрозольным потоком является частным случаем образования и применения аэрозоля вообще и поэтому основывается на закономерностях и теоретических выводах, являющимися общими для широкого класса процессов (ультрамалообъемное опрыскивание сельскохозяйственных культур, групповая вакцинация сельскохозяйственных животных и птиц, химическая дезинфекция и дезинсекция помещений и т.д.) [74].

Рассматривая процесс протравливания аэрозольным потоком, по рекомендации В.М. Волощука [43], можно использовать законы гидродинамики (аэромеханики) аэрозолей в самом общем случае.

Основным методом гидродинамики аэрозолей является моделирование его движения с помощью двух сплошных взаимопроникающих сред, обладающих различными свойствами. Одна из двух сред – газ (воздух), другая состоит из аэрозольных частиц и необходимо учитывать влияние третьей среды – жидкости.

Имитационная модель процесса протравливания клубней учитывает основные факторы и достаточно полно отображает этапы процесса протравливания, по рекомендации А.С. Образцова [147], отображенные на структурной схеме (рис. 2.1) отдельными блоками. Внутри каждого блока мы описываем этап процесса протравливания с помощью оптимизационной модели, позволяющей найти наилучшее по избранному критерию решение задачи при помощи математического выражения [98].

Рассмотрим первый блок имитационной схемы «Моделирование процесса захвата жидкости погружным диском и образования «первичных» капель».

Форма образующегося аэрозольного потока и все его характеристики при механическом распыливании определяются конструкцией и классом функционального элемента, который влияет на создание равномерно расположенной по смоченному периметру пленки и образования определенной формы аэрозольного потока с минимальной разницей в размерах образуемых частиц [162]. В нашем случае в качестве функционального элемента применен гладкий погружной диск диаметром 150 мм.

Зарубежными исследователями установлено, что при диаметре диска более 100 мм, получаются результаты, согласующиеся с данными для бесконечной пластины [252-253], а увлечению жидкости вертикальной движущейся поверхностью посвящен ряд работ [15,21,35], направленных на определение толщины пленки h_0 , увлекаемой пластинкой.

Все они используют развитую Л.Д. Ландау [124] схему решения, которая ограничена требованием малости толщины пленки по сравнению с капиллярной постоянной Лапласа.

Однако полученные ими результаты можно использовать только при работе с ньютоновскими (идеальными) жидкостями [21], которые не подходят к нашей модели.

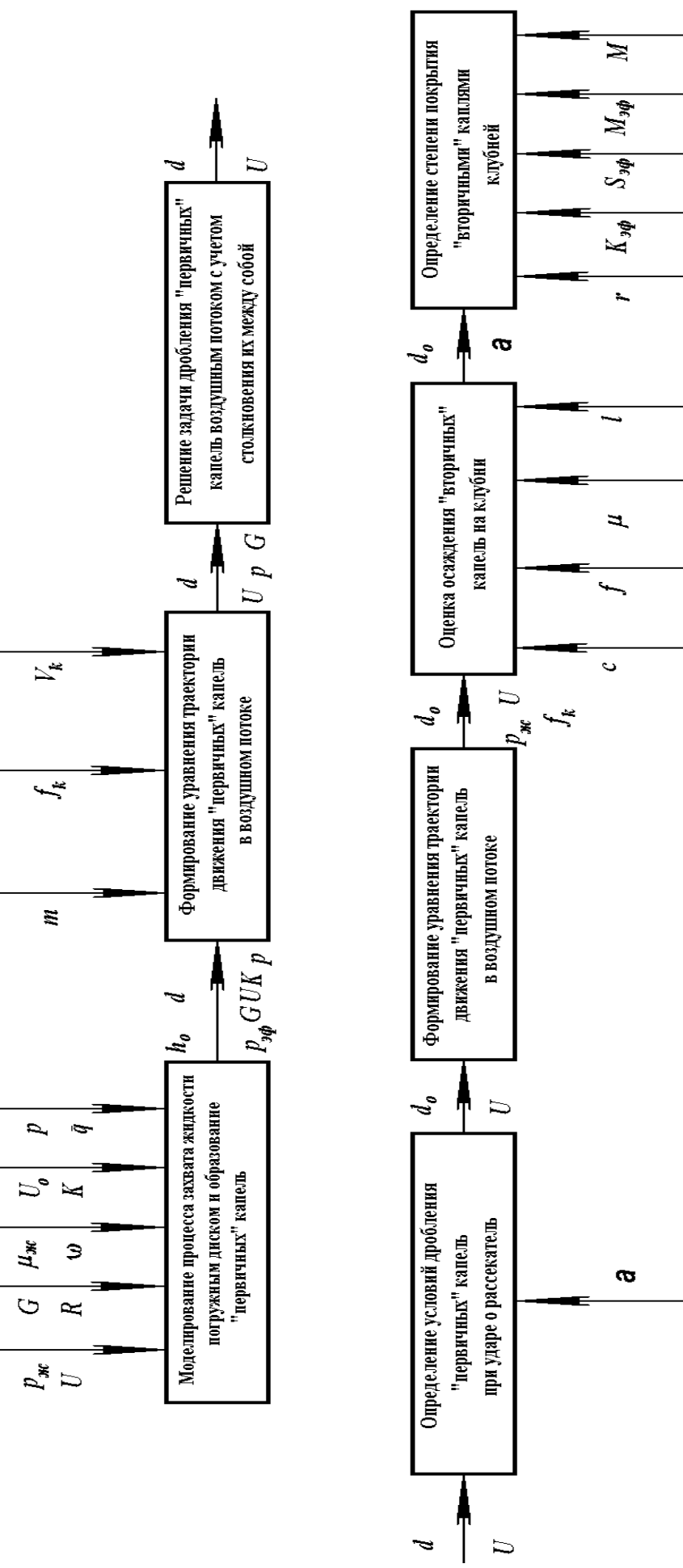


Рисунок 2.1 Структурная схема имитационной модели процесса протравливания

$\rho_{ж}$ – плотность жидкости, кг/м^3 ; G – поверхностное натяжение жидкости, Н/м ; $\mu_{ж}$ – вязкость жидкости, $\text{Па}\cdot\text{с}$;

U_0 – скорость извлечения диска, м/с ; h_0 – толщина пленки, м ; ρ_r – плотность газа, кг/м^3 ;

U – скорость воздушного потока, м/с ; R – радиус диска, м ; ω – угловая скорость, рад/с ;

K – коэффициент сопротивления; m – масса капли, кг ; f_k – площадь миделевого сечения, м^2 ; V_k – скорость капли, м/с ;

d – диаметр первичной капли, м ; α – угол столкновения, град ; d_0 – диаметр вторичной капли; ε – коэффициент захвата

частиц; f – площадь поперечного сечения трубки тока, м^2 ; μ_r – вязкость газа, $\text{Па}\cdot\text{с}$;

l – характерный размер препятствия, м ; r – зона эффективного действия капли, м ; $K_{эф}$ – коэффициент эффективного действия капли; $S_{эф}$ – площадь эффективного действия капли, м^2 ; $M_{эф}$ – степень эффективного действия капли, %;

M – степень покрытия каплей, %.

В связи с этим для определения толщины пленки, увлекаемой диском с горизонтальной осью вращения, наиболее предпочтительной является модель Шведова-Бингама [238]. Данная модель позволяет рассматривать поведение концентрированной суспензии и имеет вид

$$\tau = \tau_0 + \mu_p \gamma, \quad (2.1)$$

где τ - напряжение сдвига, Па;

τ_0 - предел текучести, Па;

μ_p - пластичная вязкость, Па*с;

γ - скорость сдвига, с^{-1} .

Решение этого уравнения для высоких скоростей извлечения диска из жидкости, по рекомендации Г.М. Пеева, М.Г. Кыршевой [163], можно представить, как

$$D_0 = 0,944 C_a^{\frac{2}{3}} \left(1 + \frac{3 B D_0}{2 C_a} - \frac{D_0^2}{C_a} - \frac{1}{2} \frac{B^3}{C_a D_0} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (2.2)$$

где $D_0 = h_0 \left(\frac{\rho g}{G} \right)^{\frac{1}{2}}$ - толщина пленки;

$C_a = \frac{\mu u_0}{G}$ - скорость извлечения;

$B = \frac{\tau_0}{(\rho g G)^{\frac{1}{2}}}$ - предел текучести;

h_0 - толщина пленки, м;

ρ - плотность суспензии, кг/м^3 ;

G - поверхностное натяжение, н/м;

μ - вязкость, Па*с;

u_0 - скорость извлечения пластины, м/с.

Опытные данные, полученные исследователями, подтвердили точность этого уравнения для суспензии по сравнению с уравнениями других математических моделей: Оствальда де Вейля; Эллиса.

При рассмотрении движения жидкости по диску следует отметить, что она проходит две стадии: непосредственно течение по диску и дробление на первичные капли кромкой диска. Рассмотрим подробнее процесс течения жидкости по диску. Выделим на поверхности диска некоторую частицу жидкости M массой m (рисунок 2.2). Основное уравнение динамики для относительного движения частицы M имеет вид [196,241]

$$m a_r = \Sigma \bar{\Phi}_i + \bar{\Phi}_e + \bar{\Phi}_k, \quad (2.3)$$

где m – элементарная масса частицы;

$\Sigma \bar{\Phi}_i$ – геометрическая сумма приложенных к частице сил;

$\bar{\Phi}_e$ – переносная сила инерции;

$\bar{\Phi}_k$ – кариолисова сила инерции.

Геометрическая сумма приложенных к частице сил в разработанной нами расчетной схеме m (рисунок 2.2) будет равна следующему выражению

$$\bar{\Phi}_i = \bar{P} + \bar{N} + \bar{A}_n + \bar{F}_\xi, \quad (2.4)$$

где \bar{P} – сила тяжести;

\bar{N} – реакция опоры со стороны диска;

\bar{A}_n – аэродинамический напор;

\bar{F}_ξ – сила поверхностного натяжения жидкости.

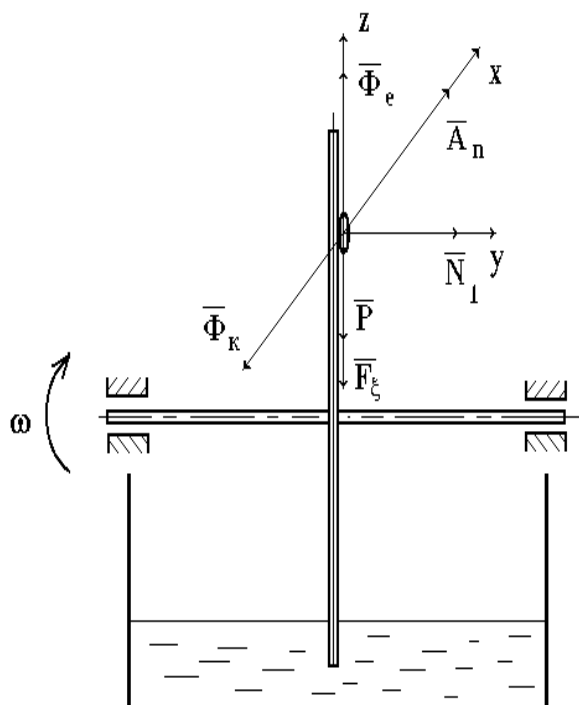


Рисунок 2.2 Схема действия сил на частицу М

Под суммарным действием этих сил частица М жидкости, по исследованиям Д.Г.Пажи, В.С.Галустова [162], спирально перемещается по диску к кромке.

Переносная сила инерции имеет две составляющие: вращательную силу инерции $\Phi_e^{\tau} = -m\omega_e^{\tau}$ и центробежную силу инерции

$\Phi_e^n = -m\omega_e^n$, то есть

$$\bar{\Phi} = \bar{\Phi}_e^{\tau} + \bar{\Phi}_e^n, \quad (2.5)$$

В нашем случае при равномерном вращении диска вокруг неподвижной оси при $\omega = \text{const}$,

$$\bar{\Phi}_e^{\tau} = 0$$

Отсюда

$$\bar{\Phi}_e = \bar{\Phi}_e^n, \quad (2.6)$$

Таким образом, уравнение (2.3) динамики для относительного движения частицы М после преобразования примет вид

$$ma_r = P + N + F_{\xi} + A_n + \bar{\Phi}_e^n + \bar{\Phi}_k, \quad (2.7)$$

Процесс дробления жидкости вращающимся диском рассмотрен в работах [23,74,76-77,162], где выделены три режима дробления. При первом режиме на краю диска образуется утолщение – жидкий тор, в котором под действием центробежных сил развиваются местные возмущения. Возмущенный участок на торе превращается в струйку-отросток, который затем преобразуется в шаровидный узел с тонкой перемычкой, отрывающийся в виде отдельных частиц жидкости, а перемычка распадается с образованием более мелких частиц-спутников. Оставшаяся часть струйки-отростка под действием сил поверхностного натяжения возвращается в тор и втягивается в него, а струйка-отросток, в которую поступают следующие порции жидкости, вновь начинает расти, и описанный процесс повторяется. В результате у кромки диска образуются наиболее однородные по размерам частицы (капельки), называемые первичными и более мелкие частицы-спутники.

Определим диаметр первичных частиц, образуемых кромкой диска, исходя из условия равновесия, при разложении уравнения (2.7) на оси x, y, z

$$\Phi_e - P - F_{\xi} = 0$$

$$A_n - \Phi_k = 0, \quad (2.8)$$

$$N=0$$

Для определения диаметра частицы жидкости решим первое уравнение из системы (2.8)

$$\Phi_e - P - F_\xi = 0, \quad (2.9)$$

Сила поверхностного натяжения равна [78]

$$F_\xi = \pi d G, \quad (2.10)$$

где d - диаметр частицы жидкости, мкм;

G - поверхностное натяжение жидкости, Н/м.

Сила тяжести определяется из следующей формулы [23,241]

$$P = mg, \quad (2.11)$$

где m - масса частицы жидкости, кг;

g - ускорение свободного падения, м/с^2 .

Масса частицы жидкости в свою очередь равна

$$m = V * \rho_{\text{ж}}, \quad (2.12)$$

где V - объем частицы (шара), м^3 ;

$\rho_{\text{ж}}$ - плотность жидкости, кг/м^3 .

Отсюда объем частицы равен

$$V = \frac{4}{3} \pi * R^3 = \frac{\pi * d^3}{6}, \quad (2.13)$$

где R - радиус диска, м.

Тогда масса частицы жидкости равна

$$m = \frac{\pi * d^3 * \rho_{\text{ж}}}{6}, \quad (2.14)$$

Подставив выражение (2.14) в уравнение (2.11) получим формулу для определения силы тяжести в следующем виде

$$P = \frac{\pi * d^3}{6} \rho_{\text{ж}} * g, \quad (2.15)$$

Для определения центробежной силы инерции воспользуемся выражением, полученным В.Ф. Дунским, Н.В. Никитиным [78]

$$\Phi_e = \frac{\pi d^3}{6} \rho_{\text{ж}} R \omega^2, \quad (2.16)$$

где ω - угловая скорость вращения дисков, рад/с.

Тогда уравнение (2.9) примет вид

$$\frac{\pi * d^3}{6} \rho_{\text{ж}} * R * \omega^2 - \frac{\pi * d^3}{6} \rho_{\text{ж}} * R * \omega^2 - \pi * d * G = 0, \quad (2.17)$$

Отсюда получим выражение для определения диаметра первичных капель [106]

$$d = \sqrt{\frac{6 * G}{\rho_{ж} * (R * \omega^2 - g)}}, \quad (2.18)$$

Данное выражение удобно для теоретических расчетов и формирования экспериментальной программы исследования.

Второй блок имитационной схемы «Формирование уравнения траектории движения «первичных» капель в воздушном потоке» характеризуется законами движения аэрозоля в самом общем случае и являются предметом изучения аэромеханики аэрозолей. В большинстве случаев эти законы можно свести к законам равномерного движения отдельной сферической аэрозольной частицы в среднем поле скоростей воздушного потока под действием постоянной силы. Уравнения движения частицы выводятся из известных положений классической гидромеханики.

Отсюда ряд авторов [125,193,206] вывели уравнения движения частиц в воздушном потоке на основе уравнений Навье-Стокса.

Например, Л.Е. Стерниным [193] уравнение движения частицы представлено в виде

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \rho_B \frac{dV_S}{dt} = C_* \pi r^2 \frac{\rho (V - V_S)^2}{2}, \quad (2.19)$$

где r - радиус частицы, м;

ρ_B - плотность частицы, кг/м³;

V и V_S - соответственно скорость газа и частицы, м/с;

ρ - плотность газа, кг/м³;

C_* - коэффициент сопротивления частицы.

В.М. Волощуком [43] выведено уравнение вида

$$\frac{4}{3} \pi \rho_a R^3 \frac{U_\infty^2}{L} \frac{dV}{dt} = 6 \pi \eta R U_\infty (U - V) + F_*, \quad (2.20)$$

где $U_\infty V$ - скорость частицы в системе координат, в которой задано поле U ;

F_* - внешняя сила;

t - безразмерное время $\left(F_* = \frac{L}{U_\infty} \right)$;

R - число Рейнольдса.

Недостатками приведенных уравнений является «идеализированные» условия: течение- стационарное; давление создается только газом, влияние частиц не учитывается; в любом поперечном сечении все параметры постоянны и т.д.

Работа Л.М. Левина [125] основана на разложении уравнений Навье-Стокса по малому параметру, и задача сведена к решению дифференциального уравнения

$$\frac{\pi}{6} \rho_P d^3 \frac{dv_1(r_1)}{dt_1} = C_*(R_{ep}) \frac{\pi d^2}{4} \frac{\rho_a v_{R1}}{2} [u_1(r_1) - v_1(r_1)] + \frac{\pi}{6} \rho_P d^3 g G_1 + F_1(r_1), \quad (2.21)$$

где ρ - плотность частицы, кг/м³;

G_1 - ее орт;

F_1 - сумма всех остальных сил;

t_1 - время, с;

r_1 - радиус вектора центра тяжести частицы;

v - вектор скорости;

d - диаметр частицы, м;

$u_1(r_1)$ - поле скоростей воздушного потока;

$v_{R1} = |u_1 - v_1|$ - модуль скорости v_{R1} частицы относительно воздуха.

Применение данного уравнения для решения практических задач затруднено вследствие сложности.

Г.А. Филипповым [206] записано уравнение движения частицы следующим образом

$$m \frac{dC_z}{dt} = C_* S \rho_1 \frac{C_{отн}}{2} \bar{C}_{отн}, \quad (2.22)$$

где m - масса частицы, кг;

S - миделево сечение;

$C_{отн}$ - относительная скорость частицы, ($\bar{C}_{отн} = \bar{C}_1 - \bar{C}_2$)

Исходя из этого, А.Л. Гонором, Н.В. Золотовой [65] развит аналитический метод расчета движения капли в воздушном потоке, основанный на разложении уравнений Навье-Стокса в безразмерном виде. Данные уравнения они записали в инерциальной системе координат

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{k} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{v}{y} \frac{\partial u}{\partial y} \right), \quad (2.23)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{k} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{Re} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{v}{y} \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{v v}{y^2} \right), \quad (2.24)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + v \frac{v}{y} = 0, \quad (2.25)$$

$$t = \frac{d}{V_{\infty}} t^{\parallel} ; \quad V = V_{\infty} V^{\parallel} ; \quad r = dr^{\parallel} ; \quad p = \rho_{\infty} V_{\infty}^2 p^{\parallel}$$

Здесь $v=0$, $v=1$ - соответственно для плоского и осесимметричного потоков;

d - начальный радиус капли, м;

ρ_{∞} - плотность газа, кг/м³;

V_{∞} - начальная скорость потока относительно капли, м/с;

$R_e = \rho V_{\infty} a / \mu$ - число Рейнольдса;

μ - коэффициент вязкости капли;

V - вектор скорости;

p - давление;

$k = \rho / \rho_{\infty}$ - отношение плотности жидкости к плотности газа.

Граничные условия на контактной поверхности жидкость-газ $F(x,y,z)=0$ можно представить в формуле

$$p^0 = p - \frac{2k}{R_e(F_x^2 + F_y^2)} \left[\frac{\partial U}{\partial x} F_x^2 + \frac{\partial v}{\partial y} F_y^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) F_x F_y \right] - \frac{1}{W_e} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

$$\tau^0 = - \frac{k}{R_e(F_x^2 + F_y^2)} \left[2F_x F_y \left(\frac{\partial U}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \left(\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) (F_x^2 - F_y^2) \right], \quad (2.26)$$

где u, v - проекции скорости на оси x и y ;

p^0, τ^0 - распределение внешних нагрузок, отнесенное к величине $\rho_{\infty} V_{\infty}^2$;

F_x, F_y - производные функции F по x и y соответственно;

$W_e = \rho_{\infty} V_{\infty}^2 d / G$ - число Вебера;

G - поверхностное натяжение, Н/м.

В данных уравнениях нет учета действия сил тяжести и центробежных сил на частицу, что не совсем удобно применительно к решению практических задач.

Некоторые авторы [197,204], считают, что при движении частиц аэрозоля не действуют инерционные, центробежные силы и силы аэродинамического сопротивления. Следовательно, уравнения движения частиц строят, исходя из баланса сил.

Исходя из этого Б.З. Теверовским [197] выведена система уравнений

$$\begin{aligned}\frac{d^2x}{dt^2} &= -B \left(\frac{dx}{dt} - V \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right) \left[\left(\frac{dx}{dt} - V \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} - V \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right)^2 \right]^{\frac{m_1}{2}} \\ \frac{d^2y}{dt^2} &= -B \left(\frac{dy}{dt} - V \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right) \left[\left(\frac{dx}{dt} - V \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} - V \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \right)^2 \right]^{\frac{m_1}{2}} - cg\end{aligned}, \quad (2.27)$$

где m - масса частицы, кг;

x и y - текущие координаты;

g - ускорение силы тяжести, м/с²;

$c_1=1-\rho/\rho_1$ - коэффициент, учитывающий подъемную силу газа.

В свою очередь авторы [204] предложили следующее уравнение движения частицы

$$\frac{d}{dt}(m_n V_r) - \frac{1}{12} \pi d^2 \rho \frac{dV_r}{dt} = m_n \frac{\Theta V^2}{r} - m(k+1) \frac{V^2}{r} - C_* \rho \frac{(V_r - V_R)^2}{8} \pi d^2, \quad (2.28)$$

где $m_n = \frac{1}{6} \pi d^3 \rho_n$; $m = \frac{1}{6} \pi d^3 \rho$; $d = d_0 \frac{t}{\tau}$;

Θ - коэффициент скольжения частички относительно тангенциальной скорости потока;

$k \approx 12$;

d_0 - диаметр частицы, м;

τ - коэффициент пропорциональности;

ρ - массовая плотность газа, кг/м³;

ρ_n - массовая плотность аэрозоля, кг/м³;

r - радиальная координата, направленная от оси вращения потока к периферии аппарата радиуса R ;

t - время, с;

V_R - радиальная составляющая скорости воздушного потока;

V - тангенциальная составляющая скорости воздушного потока;

C_* - коэффициент лобового сопротивления;

V_r - искомая скорость движения частицы.

Данное уравнение и его решения были подтверждены им экспериментально на вихревом пылеулавливающем аппарате ($R=100$ мм; $d_0=5$ мкм; $\beta_0=20^\circ$ —угол установки лопаток завихрителя; $H=210$ мм. вод.ст. — перепад давления на лопаточном завихрителе; $k=11,5$; $\Theta=0,85$; $C_*=30-14$; $\tau=0,04-0,06$).

С.В. Ананиковым, А.В. Талантовым и Б.М. Азизовым [13] приведено решение вопроса о движении одиночной капли в потоке

газа, скорость которого убывает линейно с расстоянием. Так как практически любой нелинейный профиль можно заменить кусочно-линейным, можно считать, что эта задача имеет общее значение

$$m_k \frac{dV_k}{dt} = \frac{\psi f_k \rho_g V^2}{2} \pm m_k g \left(1 - \frac{\rho_g}{\rho_{ж}} \right), \quad (2.29)$$

где $V = V_r - V_k$ - относительная скорость капли, с;

V_r - скорость газа, с;

V_k - абсолютная скорость капли, с;

m - масса капли, кг;

ψ - коэффициент гидродинамического сопротивления капли;

f_k - площадь миделевого сечения, m^2 .

Следует отметить, что выражение (2.29) является наиболее предпочтительным для наших условий, так как составлено для использования закономерностей движения частиц в потоке газа при использовании аппаратов распыливающего типа.

В третьем блоке «Решение задачи дробления «первичных капель» воздушным потоком с учетом столкновения их между собой» учитывается, что в процессе движения капли жидкости испытывают воздействие скоростного напора, обусловленного разностью скоростей движения капель и воздуха. При достаточно высокой разнице может произойти дробление капель на более мелкие («вторичное» дробление капель). Процесс дробления одиночных капель в воздушном потоке изучается на протяжении ряда лет многими исследователями, и известно большое количество теоретических и экспериментальных работ по этому вопросу. Первые исследователи [44] определяли критическое значение числа Вебера $W_{ек}$, при котором происходит дробление капли

$$W_{ек} = \rho V^2 d / G, \quad (2.30)$$

где V - скорость воздушного потока, m/c^2 ;

ρ - плотность воздуха, $кг/м^3$;

d - диаметр капли, м;

G - коэффициент поверхностного натяжения, характеризует соотношение аэродинамических сил и сил поверхностного натяжения.

Однако по мере накопления данных становилось ясно, что единого критического значения W_e не существует [65], что величина $W_{ек}$ - не константа, а функция ряда других величин. Следовательно,

описать сложный процесс дробления капли воздушным потоком с помощью одного критерия Вебера невозможно.

Исходя из этого Д.Г. Пажи [162] приведена классификация режимов разрушения по спектру образующихся капель в зависимости от двух критериев: Вебера $W_{ек}$ и числа Рейнольдса Re , характеризующего соотношение между кинетической энергией жидкости и работой вязких сил.

1. Первый режим, имеющий место при $4 \leq W_{екр} \leq 20$ и $0,1 \leq W_e Re^{-0.5} \leq 0.8$, объединяет простое деление (на 2-4 капли), разрушение тела первичной капли и хаотическое дробление, при которых размер вторичных капель близок (по порядку величины) к размеру основных;

2. Второй режим имеет границы: $10 \leq W_{екр} \leq 20^4$ и $0,5 \leq W_e Re^{-0.5} \leq 10$; при этом происходит разрушение капель со срывом поверхностного слоя, дающего очень мелкий распыл наряду с крупными вторичными частицами, отделяющимися от первоначальной капли;

3. Третьему режиму дробления (при $10^3 \leq W_{екр} \leq 10^5$ и $10 \leq W_e Re^{-0.5} \leq 10^2$) соответствует взрывной распад, при котором размеры основной массы капель значительно меньше исходных.

Ряд авторов [45,70,74,150] пришли к выводу, что на механизм дробления капель влияют вязкость (величина критерия Лапласа $L_a = \rho \nu V / G$, где ν - вязкость жидкости) и длительность воздействия аэродинамической силы (величина критерия T , характеризует отношение времени движения капли $\tau_{п}$ ко времени ее распада τ_p), а также критерии, характеризующие распределение сил давления и трения по поверхности капель - число Рейнольдса и число Маха [74]

$$R = \frac{\rho(V - V^0)d}{\eta}, \quad (2.31)$$

$$M = \frac{V - V^0}{a}, \quad (2.32)$$

где a - скорость звука в газе;

η - динамическая вязкость газа.

Исходя из этого Ю.А. Корсуновым, А.П. Тишиным [118] и Б. М. Беленьким, Г. А. Евсеевым [24] на основе экспериментальных данных подтверждено влияние данных критериев на механизм дробления капель.

Однако и эти параметры отражают не все факторы, влияющие на распад капель, поэтому Б.Е. Гельфандом, С.А. Губиным, С.М. Когарко в своих работах [57-60] отмечено, что процесс дробления капли следует связывать со сложным комбинированным воздействием воздушного потока на каплю. При обтекании капли воздушным потоком в ней создается такое распределение давления, при котором давление минимально на экваторе капли. Течение воздуха над поверхностью капли приводит в движение поверхностный слой в жидкости. К тем же выводам пришли А.Г. Гири [61], А.А. Борисов и др. [28]. Кроме того, в результате ускорения движения капли на ее наветренной поверхности возникает неустойчивость Тейлора на границе раздела фаз, влияющее на параметры дробления капли.

Только учет динамики совместного развития указанных явлений позволяет понять особенности процесса дробления. К тому же под воздействием воздушного потока траектория капель изменяется, они сталкиваются между собой, и в результате могут коалесцировать и дробиться, то есть значительно изменять свой размер. В зависимости от скорости аэрозольного потока и его физических свойств, размера капель происходит следующее: взаимный отскок капель друг от друга, слияние капель в одну, слияние капель с последующим разрывом.

Столкновение капель между собой в процессе их движения в воздушном потоке рассмотрено Д.Г. Пажи, В.С. Галустовым [162,209]. Они указали, что при малых числах Вебера ($We \leq 0,75$), то есть в случае очень низких относительных скоростей сталкивающихся капель, недостаточных для преодоления сопротивления тонкой (≈ 1 мкм) воздушной прослойки между ними, наблюдается отскок капель друг от друга. В случае больших значениях числа Вебера наблюдается дробление капель между собой, что приводит к заметному изменению дисперсного состава капель.

В четвертом блоке «Определение условий дробления «первичных» капель при ударе о рассекающий» изучили процесс взаимодействия движущейся капли с твердым препятствием, что представляет значительный интерес для решения таких прикладных задач, как рабочий процесс в распылительных и пленочных аппаратах при опрыскивании сельскохозяйственных культур, движении летательных аппаратов через атмосферные аэрозоли, течение продуктов сгорания в соплах реактивных двигателей и др.

А.Л. Гонором, В.Я. Яковлевым [66-67] для исследования данного вопроса использована модель идеальной сжимаемой жидкости, то есть, без влияния объемных сил, вязкости и силы инерции. С учетом этого уравнения неразрывности, энергии и состояния жидкой капли при ударе они представили в виде

$$\rho \dot{u} + \frac{\partial p}{\partial x} = 0, \quad \rho \dot{v} + \frac{\partial p}{\partial y} = 0, \quad \rho + \rho \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{v}{y} \right) = 0, \quad (2.33)$$

$$\rho E + p \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{v}{y} \right) = 0, \quad (2.34)$$

$$p = a \left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1 \right) + b \left(\frac{\rho}{\rho_0} - 1 \right)^2 + c \rho E, \quad (2.35)$$

где x, y - пространственные координаты (x - ось симметрии);

u - скорость в направлении x ;

v - скорость в направлении y ;

p - гидростатическое давление;

ρ - плотность;

E - внутренняя энергия, приходящаяся на единицу массы.

Точка означает производную по времени. В свою очередь М.М. Мартынюковым [130] выведены уравнения для определения максимального значения контактной площадки S_{\max} и время взаимодействия t_{\max} капли со стенкой без учета возможного растекания капли в диск и ее дробления

$$S_{\max} = 2 \pi v_0 \left(\frac{\rho}{3G} \right)^{\frac{1}{2}} R^{\frac{5}{2}},$$

$$t_{\max} = \frac{\pi}{3} \left(\frac{\rho}{G} \right)^{\frac{1}{2}} R^{\frac{3}{2}}, \quad (2.36)$$

где R - радиус капли, м.

Однако в этих работах основное внимание уделяется определению давления, возникающего в месте контакта, а вопросы определения размеров отраженных частиц, их скорости, доли осевшей на поверхность жидкости, дробления капель затронуты недостаточно. Кроме того, результаты теоретических расчетов не дают хорошего совпадения с экспериментальными работами.

Поэтому большое значение имеют экспериментальные исследования в работах [173-174], где показан характер процесса

коагуляции, отражения и дробления каплей. В работе О.А. Поварова, В.Ф. Расторгуева, А.А. Бодрова [173], представлены результаты исследования процессов взаимодействия первичных капель с плоской поверхностью твердого тела при нормальном и произвольном угле контакта (d_0 менялся в диапазоне от $50 \cdot 10^{-6}$ до $50 \cdot 10^{-3}$ м, а относительная скорость соударения $c_0=0-200$ м/с, изменение угла контакта (α) первичной капли с мишенью осуществлялось за счет изменения геометрии последней (рисунок 2.3).

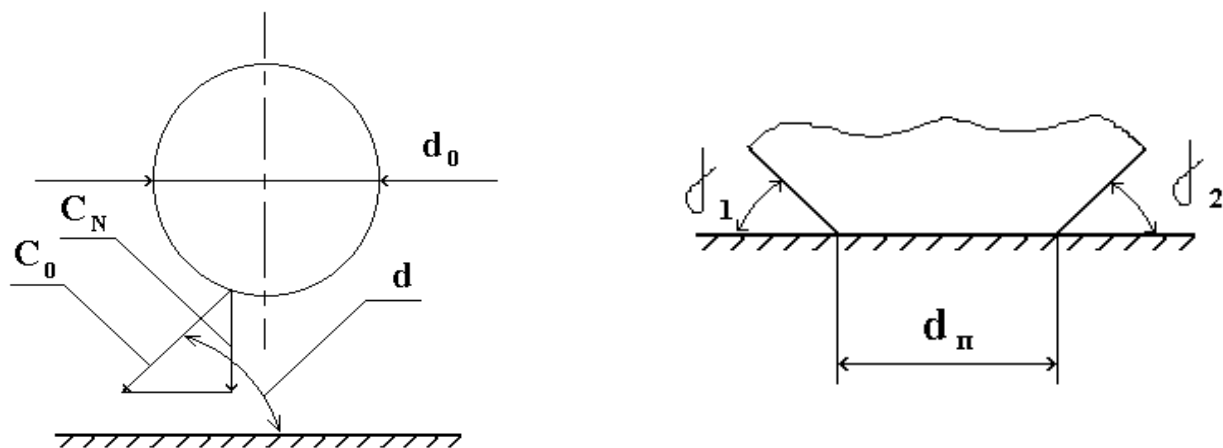


Рисунок 2.3 Схема удара капли о поверхность

Полученные данные показывают, что в первый момент времени контакта капли с мишенью происходит интенсивное растекание капли в виде тонкой пленки (толщина пленки $10 \cdot 10^{-6}$ м) со скоростью $C_n > C_0$ в несколько раз. Затем начинается образование конуса пленки, в котором у свободной поверхности образуется зона отрицательных предельных напряжений, в результате чего пленка распадается на отдельные капли через $t=d_0/c_0$ с момента начала контакта.

А.М. Подвысоцким, А.А. Шрайбером [174] установлено существование критической скорости V_* , которая разделяет области прилипания ($V < V_*$) и отскока, причем V_* уменьшается с ростом диаметра капли d и абсолютной шероховатости препятствия R_a (при $d=3,4$ мм значения $R_a=0,05; 0,84; 3,1$ соответствовали $V_*=3,25; 2,35; 2,15$ м/с. Далее ими получили данные о «материальном балансе» взаимодействия, который характеризуется параметром коагуляции

$$\Phi = \frac{G_c}{G_f}, \quad (2.37)$$

где G_c - расход жидкости, ударяющейся о препятствие;
 G_f - расход жидкости, объединившийся с ней.

Кроме того, ими было определено следующее соотношение для среднего значения модуля вектора V' начальной скорости «вторичных капель»

$$V'/V = 1 - (0,509 + 2,1 \cdot 10^{-4} W_e - 0,0197 \psi) \cdot \exp[(-0,69 - 7,44 \cdot 10^{-4} W_e + 0,0257 \psi) \varepsilon], \quad (2.38)$$

где W_e - критерий Вебера;

ψ - угол столкновения (угол между траекторией капли и препятствием;

ε - диаметр «вторичных капель».

Рассмотрим пятый блок «Оценка осаждения «вторичных» капель на клубни». При обтекании какого-либо тела (препятствия) аэрозольным потоком имеет место инерциальный вынос частиц на обтекаемую поверхность. В.Ф. Дунским, Н.В. Никитиным, М.С. Соколовым в своей работе [75] приведен коэффициент захвата ε частиц препятствием

$$\varepsilon = \frac{S_{\perp}}{S_M}, \quad (2.39)$$

где S_{\perp} - площадь поперечного сечения (вдали от препятствия) трубки тока, образованной крайними траекториями частиц, еще попадающих на препятствие;

S_M - площадь миделевого сечения препятствия.

Крайние траектории частиц для тел простейшей формы могут быть найдены решением дифференциального уравнения движения частиц в потоке воздуха, обтекающем препятствие [125]

$$S_{tK} = \frac{2 \rho u r^2}{9 \eta l}, \quad (2.40)$$

где ρ - плотность частицы, кг/м³;

r - ее радиус, м;

u - скорость обтекающего воздуха вдали от препятствия, м/с;

η - вязкость воздуха, Па·с;

l - характерный размер препятствия, м.

А.Н. Осипцовым, Е.Г. Шапиро [149] выведено, что при обтекании поверхности препятствия аэродисперсным потоком осажденные частицы могут образовывать на поверхности движущуюся пленку. Построенная ими модель пленочного течения позволяет рассчитать толщину пленки при инерционном осаждении частиц на поверхность. В нашем случае при турбулентном обтекании аэрозольным потоком препятствия сложной формы всегда

происходит осаждение частиц на поверхность вследствие турбулентной диффузии и гравитационного осаждения.

В шестом блоке «Определение степени покрытия «вторичными» каплями клубней» отмечается, что степень покрытия клубней является одним из важнейших показателей качества обработки. Она определяется размером капель, скоростью движения капель в воздушном потоке, физико-механическими свойствами аэрозоля.

А.Б. Лурье, В.Г. Еникеевым, И.З. Теплинским, В.А.Смеликом [129] предложено выражение для определения среднего диаметра капли d_k

$$d_k = d_{сл} \left(\frac{4 \sin^3 \alpha}{2 + \cos^3 \alpha - 3 \cos \alpha} \right)^{\frac{1}{3}}, \quad (2.41)$$

где $d_{сл}$ - измеренный диаметр следа капли, м;

α - угол между касательной к сфере капли, в точке ее сечения обрабатываемой поверхностью и самой поверхностью, град.

Плотность покрытия (счетная поверхностная концентрация капелек n) обратно пропорциональна кубу диаметра капель: при уменьшении диаметра капель вдвое плотность покрытия увеличивается в 8 раз.

Авторы [75] отметили, что на плотность покрытия влияет коэффициент растекания (K)- величина, показывающая, во сколько раз увеличивается диаметр капли после ее оседания на обрабатываемой поверхности

$$K = D/d_k, \quad (2.42)$$

где D - диаметр следа капли, мкм.

В.Ф. Дунским, Н.В. Никитиным, М.С. Соколовым [75] степень покрытия (P) выразили зависимостью

$$P = 15K^2 \frac{N}{d_k}, \quad (2.43)$$

где N - норма расхода рабочего раствора, л/га.

Проведенные ими экспериментальные исследования доказали, что с уменьшением размеров капель увеличивается степень покрытия и коэффициент эффективного действия (таблица 2.1).

Таблица 2.1. Степень покрытия горизонтальной поверхности каплями разного размера при N=95 л/га

| диаметр капель, мкм | плотность покрытия, шт. на 1 см ² | расстояние между каплями, мм | степень по- крытия, % |
|------------------------|---|---------------------------------|--------------------------|
| 10 | 2213500 | 0,01 | 266 |
| 20 | 267000 | 0,02 | 133 |
| 40 | 33350 | 0,05 | 66 |
| 75 | 5600 | 0,13 | 35 |
| 100 | 2135 | 0,22 | 27 |

А.Б. Лурье, В.Г. Еникеевым [129] в своей работе приведена формула для определения площади эффективного действия капли и коэффициента эффективного действия капли $K_{эф}$

$$S_{эф}=0,78(d_{сл}+2r)^2, \quad (2.44)$$

где r - зона эффективного действия, обусловленная биоцидным действием препарата и равная 100-200 мкм

$$K_{эф} = \frac{S_{эф}}{S}, \quad (2.45)$$

где $S=0,78d_{сл}^2$ - площадь, образованная следом капли (рисунок 2.4).

С учетом $K_{эф}$ получаем степень эффективного покрытия каплями образованной поверхности

$$M_{эф}=K_{эф}M, \quad (2.46)$$

где M - степень покрытия каплями, %.

В свою очередь степень покрытия поверхности каплями будет

$$M = \frac{25\pi}{f_0} \sum d_i^2 n_i, \quad (2.47)$$

где d_i - диаметр следов капель, мкм;

n_i - количество капель каждого размера;

f_0 - исследуемая площадь, мкм².

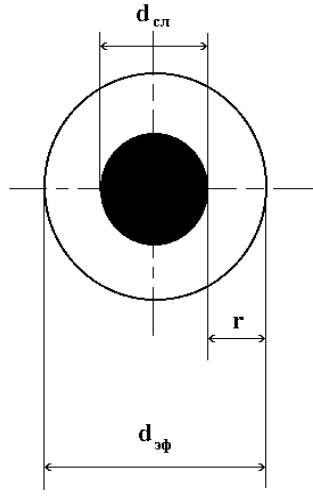


Рисунок 2.4 След капли

С помощью разработанного математического аппарата имитационной модели процесса протравливания клубней возможно численное воспроизведение процесса образования «первичной» капли кромкой погружного диска и «вторичной» капли при ударе о рассекатель дискового протравливателя. С учетом этого, предварительный анализ процесса протравливания клубней выполнялся нами на ЭВМ. Для определения размеров «первичной» капли кромкой погружного диска мы использовали формулу 2.18 для решения уравнения с одной неизвестной в программе MathCAD.

Определим корни уравнения $f(d)=0$ для заданной функции $f(d)$.

Для определения функции $f(d)$ формула 2.18 приведена к следующему виду

$$d^2 * \rho_{\text{ж}} * (R * \omega^2 - g) - 6 * G = 0$$

Для решения уравнения необходимо задать начальное приближение для поиска корня $f(d)=0$ и входные данные: поверхностное натяжение жидкости для границы раздела вода-воздух G , Н/м; плотность жидкости $\rho_{\text{ж}}$, кг/м³; радиус погружного диска R , м; угловая скорость вращения ω^2 , рад/с; ускорение свободного падения g , м/с².

Приведем решение уравнения с одной неизвестной в программе MathCAD:

$$F(d) := d^2 * \rho_{\text{ж}} * (R * \omega^2 - g) - 6 * G$$

$$d := 1$$

Отсюда получаем искомое решение

$$\text{so ln} := \text{root}[f(d) - [d^2 * \rho_{\text{ж}} * (R * \omega^2 - g) - 6 * G], d]$$

В графе ответа выдается размер «первичной» капли в метрах.

Программа MathCAD позволяет выводить решения уравнения в

графическом виде в зависимости от различных значений входных данных (рисунок 2.5).

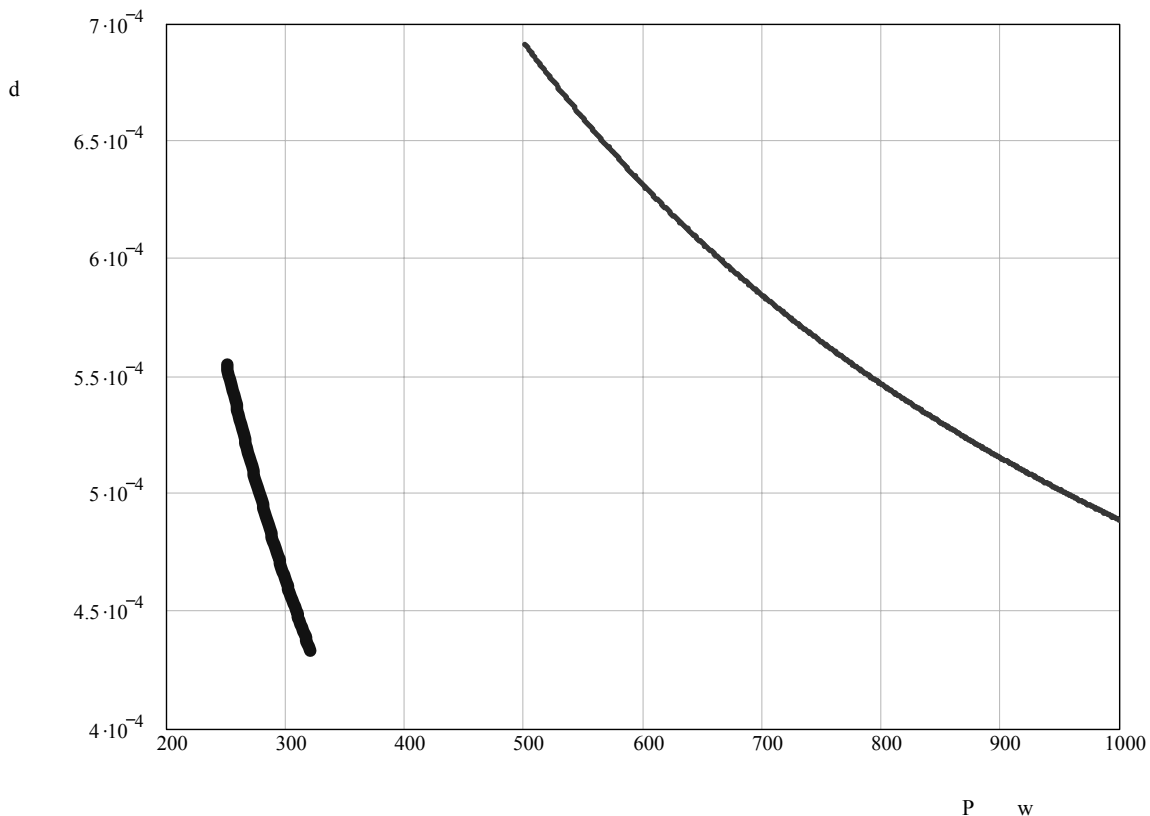


Рисунок 2.5 График зависимости диаметра «первичной» капли d (м) от входных параметров
 ————— плотность жидкости P , кг/м^3
 ————— угловая скорость вращения w , рад/с

Значения зависимостей размеров «первичной» капли от значений поверхностного натяжения жидкости, плотности жидкости, радиуса погружного диска, угловой скорости вращения погружного диска были получены в программе MathCAD, переведены в режим текстового редактора Microsoft Word и приведены в следующей главе.

Размеры «вторичных» капель, образованных при ударе о рассекатель определены на основе аппроксимации экспериментальных данных Поварова О.А., Расторгуева В.Ф., Бодрова А.А. [173] в статистической диалоговой системе STADIA для ЭВМ с использованием процедуры «Статистические методы-Регрессионный анализ-Общая (+нелинейная) регрессия» [106].

Исходные данные исследователей [173] представлены в виде матрицы (таблица 2.2), где указаны размеры «первичных» капель d_0 , скорости соударения данных капель с неподвижным твердым препятствием C_n , отношение диаметра «вторичной» капли к «первичной» d/d_0 .

Таблица 2.2 Экспериментальные данные по определению отношения диаметра «вторичной» капли к «первичной»

| $d_0, 10^{-6} \text{ м}$ | $C_n, \text{ м/с}$ | $d/d_0, \%$ |
|--------------------------|--------------------|-------------|
| 100 | 30 | 0,61 |
| | 40 | 0,54 |
| | 45 | 0,5 |
| | 50 | 0,48 |
| | 62 | 0,35 |
| | 75 | 0,25 |
| | 80 | 0,23 |
| | 90 | 0,18 |
| | 100 | 0,15 |
| | 130 | 0,11 |
| | 150 | 0,1 |
| 200 | 30 | 0,42 |
| | 40 | 0,35 |
| | 45 | 0,32 |
| | 50 | 0,28 |
| | 62 | 0,22 |
| | 75 | 0,15 |
| | 80 | 0,12 |
| | 90 | 0,1 |
| | 100 | 0,08 |
| | 130 | 0,06 |
| | 150 | 0,05 |
| 400 | 30 | 0,28 |
| | 40 | 0,24 |
| | 45 | 0,2 |
| | 50 | 0,2 |
| | 62 | 0,12 |
| | 75 | 0,08 |
| | 80 | 0,06 |
| | 90 | 0,04 |
| | 100 | 0,03 |
| | 130 | 0,02 |
| | 150 | 0,015 |

Выдача результатов регрессионного анализа включала следующие последовательные компоненты:

1. Уравнение регрессионной модели, задаваемое математической формулой вида

$$a_0 + a_1 * x_1 + a_2 * x_2 + a_3 * x_1 * x_1 + a_4 * x_2 * x_2 + a_5 * x_1 * x_2$$

где x_1, x_2 - переменные и матрицы данных;

a_i - искомые коэффициенты модели.

Таблицы значений коэффициентов модели со стандартными ошибками вычисления каждого коэффициента, дисперсионного анализа, параметров множественной корреляции приведены в приложении 1;

2. Далее на запрос « $x=?$ » вводилось значение x , для которого по полученному уравнению регрессии интерполировалось значение отклика, которое и являлось размером «вторичной» капли;

3. По полученным значениям строятся регрессионные графики в виде гистограмм.

В нашем случае процесс образования «вторичной» капли при ударе о рассекатель представлено уравнением регрессии

$$y = 1,137 - 2,606E-3 * x_1 - 1,204E-2 * x_2 + 2,78E-6 * x_1 * x_1 + 4,001E-5 * x_2 * x_2 + 7,037E-6 * x_1 * x_2$$

Данное уравнение представляет собой зависимость размера «вторичной» капли y от размера «первичной» капли x_1 и скорости соударения x_2 «первичной» капли с неподвижным препятствием [59].

Заключительным компонентом выдачи результатов регрессионного анализа процедурой «Статистические методы-Регрессионный анализ-Общая (+нелинейная) регрессия» являлось выдвижение гипотезы о том, что регрессионная модель адекватна экспериментальным данным [99,106-107].

2.2. Математическая модель процесса предпосевной обработки семян барабанным протравливателем с нестационарным режимом движения

В работе М.Н. Летошнева [127] рассматривается движение семян зерновых культур, помещенного на внутреннюю поверхность горизонтального равномерно вращающегося цилиндра. Согласно теории, при установившемся цикле движение частицы проявляется в трех переменных состояниях:

1) относительного покоя, когда семя покоится относительно поверхности барабана;

2) относительного движения, когда семя скользит по поверхности барабана без отрыва от него;

3) свободного движения, когда семя движется независимо от поверхности.

Полный цикл движения семени при этом определяется четырьмя переменными состояниями (рисунок 2.6):

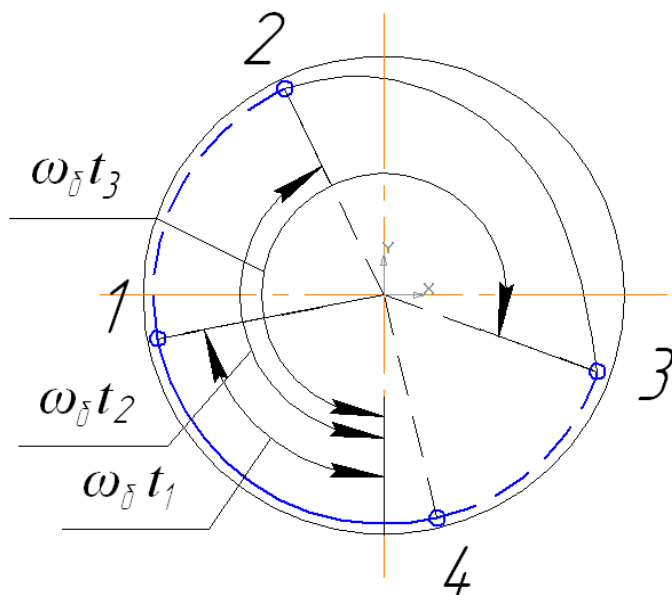


Рисунок 2.6 Фазы цикла движения материальной точки на поверхности барабана

1. Фаза 4-1 – относительный покой;
2. Фаза 1-2 – скольжение;
3. Фаза 2-3 – свободное движение;
4. Фаза 3-4 – скольжение.

Можно отметить четыре характерные точки перехода из одной фазы цикла в другую:

1. Точка 1 – определяется углом $\omega_\delta t_1$ и отмечает переход от относительного покоя к скольжению по поверхности. Угол $\omega_\delta t_1$ определяется из следующего уравнения

$$\frac{\omega_\delta^2 R_\delta}{g} \sin \varphi = \sin(\omega_\delta t_1 - \varphi), \quad (2.48)$$

где ω_δ - угловая скорость вращения барабана;

R_δ - радиус барабана;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения;

φ - угол трения;

t_1 - момент времени, соответствующий положению семени в точке 1.

Из уравнения (2.48) определяется время t_1 , позволяющее найти угол $\omega_0 t_1$, на который затаскивается семя без относительного скольжения;

2. Точка 2 – определяется углом $\omega_0 t_2$ и отмечает переход от относительного скольжения к свободному движению семени.

Абсолютная угловая скорость семян в этой точке определяется выражением

$$(\omega_0 - \omega)^2 = \left[\omega_0^2 + \frac{2g \cos \varepsilon}{R_0 \cos \varphi} \sin(\omega_0 t_1 - \varphi - \varepsilon) \right] e^{2(\omega_0 t_2 - \omega_0 t_1) \operatorname{tg} \varphi} - \frac{2g \cos \varepsilon}{R_0 \cos \varphi} \sin(\omega_0 t_2 - \varphi - \varepsilon), \quad (2.49)$$

где ω - угловая скорость семени относительно поверхности барабана;

$$\operatorname{tg} \varepsilon = 2 \operatorname{tg} \varphi;$$

t_2 - момент времени, когда происходит отрыв семени от поверхности барабана.

Угол затаскивания определяется выражением

$$\sin(\omega_0 t_2 - \varepsilon) = \frac{1}{3} \cos \varepsilon \left[\frac{\omega_0^2 R_0}{g} - 2 \sqrt{1 + \left(1 - \frac{\omega_0^2 R_0}{g} \operatorname{tg}^2 \varphi\right)} \right] e^{2(\omega_0 t_2 - \omega_0 t_1) \operatorname{tg} \varphi}, \quad (2.50)$$

3. Точка 3 – определяется углом $\omega_0 t_3 = -3\omega_0 t_2$;

Скорость семени в момент времени t_3 определяется выражением

$$V_3 = (\omega_0 - \omega) R_0 \sqrt{5 + 4 \cos(2\omega_0 t_2)}, \quad (2.51)$$

Направление вектора скорости V_3 в момент времени t_3 :

$$\operatorname{tg} \alpha = 3 \operatorname{ctg}(\omega_0 t_2), \quad (2.52)$$

где α – угол между вектором скорости и горизонтальным диаметром барабана.

Приведенные выше уравнения характеризуют движение семени внутри цилиндрического барабана с гладкой поверхностью и с постоянной угловой скоростью. Введение в систему новых величин R_0 - радиуса кривошипа и ω_0 - угловой скорости вращения кривошипа, приведет к появлению новой силы ($F_{цз}$ - центробежной силы инерции от вращательного движения кривошипа), что делает невозможным применение рассмотренных выше уравнений для описания движения зерна внутри эксцентрично закрепленного барабана.

Ш.Р. Галиуллин [51] приведен расчет параметров эксцентрично закрепленного сушильного барабана (рисунок 2.7). В работе приведено уравнение, позволяющее определить угловую скорость вращения барабана, обеспечивающее нестационарный режим движения семени:

$$\omega = \sqrt{\frac{g[(\cos \gamma - f_n \sin \gamma) \cos \beta + (\sin \gamma + f_n \cos \gamma) \sin \beta]}{\rho(\sin \gamma + f_n \cos \gamma)}}, \quad (2.53)$$

где ω - угловая скорость вращения барабана;

$\rho = OM$ - расстояние от оси вращения до рассматриваемой частицы (радиус нахождения частицы),

γ - угол между радиусом R барабана и радиусом ρ нахождения частицы,

f - коэффициент трения.

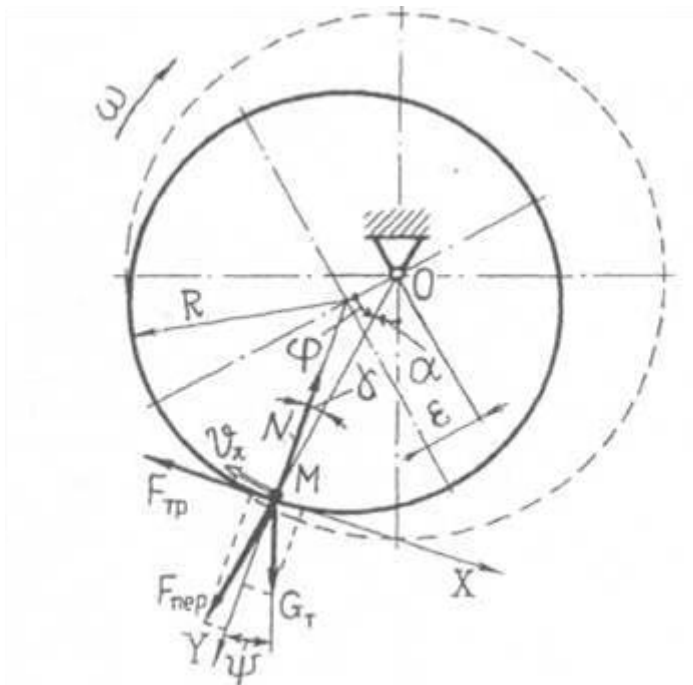


Рисунок 2.7 Схема сил, действующих на зерно

Отличительной чертой рассмотренного выше механизма является жесткая закреплённость кривошипа относительно горизонтальной оси барабана. Это не позволяет использовать приведенное выше уравнение для механизма, кривошип которого закреплён свободно, так как в последнем случае центробежная сила инерции от вращательного движения барабана будет менять свое направление относительно центра барабана со скоростью ω . К тому же, уравнение (2.53) позволяет определить лишь угловую скорость барабана, обеспечивающую нестационарность движения семени и не дает возможности определить величину нестационарности его движения.

Для нас наибольший интерес представляет рабочий процесс предпосевной обработки семян барабанным протравливателем с нестационарным режимом движения.

В свою очередь режим работы протравливателя характеризуется длиной траектории полета частицы в фазе свободного движения. Если при установившемся режиме длины траектории полета частицы подчиняются закону нормального распределения, то при нестационарном режиме никакой закономерности в распределении длин полета частиц не наблюдается. Очевидно, что при этом наиболее полно будет использоваться весь рабочий объем барабана протравливателя. При исследовании таких установок, как правило, допускается, что движение сыпучего материала в барабане аналогично движению одной его частицы, принятой за материальную точку, а коэффициент трения скольжения принимается равным постоянной величине, которая соответствует среднему его значению на всем пути движения по поверхности [127].

Рассмотрим цикл движения частицы внутри вращающегося барабана без проскальзывания в промежутке 4-1 (рисунок 2.6), когда семя покоится относительно стенки барабана, то есть движется без скольжения. На семя (материальная точка M с массой m) при этом действуют следующие силы (рисунок 2.8):

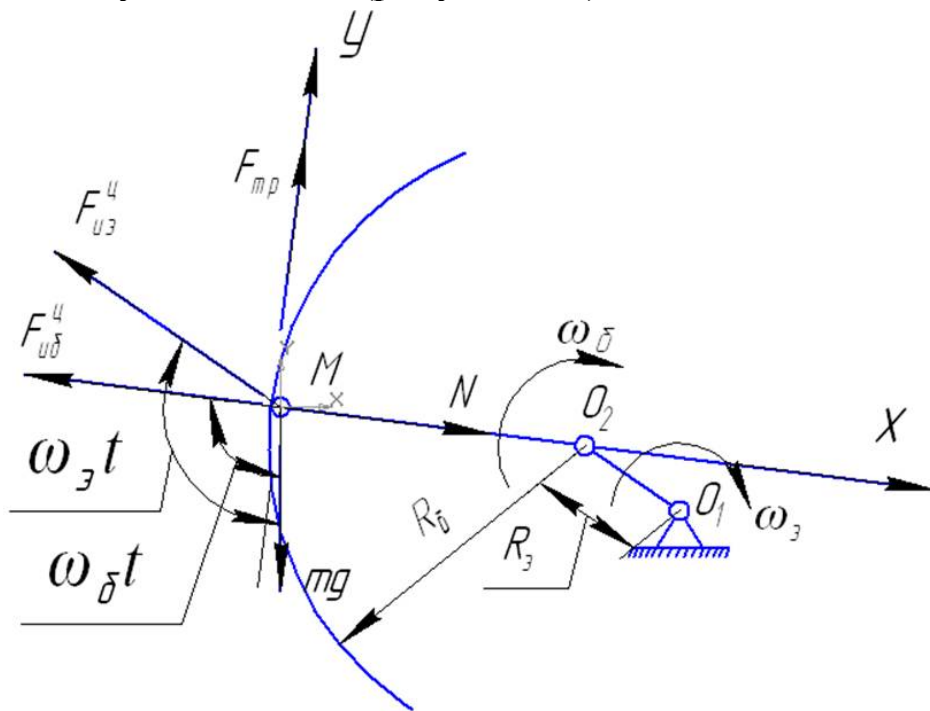


Рисунок 2.8 Схема сил, действующих на материальную точку M в состоянии 4-1

F_{mp} - сила трения семени о поверхность барабана, направленная по касательной к поверхности в сторону вращения барабана, N

$$F_{mp} = Ntg\varphi \quad (2.54)$$

где N - сила реакции опоры (стенки барабана), N ;

$tg\varphi$ - коэффициент трения покоя семени, который зависит от его вида и материала поверхности барабана;

mg - сила тяжести, направленная по вертикали вниз, Н;

$F_{u\sigma}^u$ - центростремительная сила инерции семени, возникающая вследствие вращательного движения барабана

$$F_{u\sigma}^u = m\omega_{\sigma}^2 R_{\sigma}, \quad (2.55)$$

где ω_{σ} - угловая скорость вращения барабана, c^{-1} ;

R_{σ} - радиус барабана, м;

$F_{u\vartheta}^u$ - центростремительная сила инерции семени, возникающая вследствие вращательного движения кривошипа, Н

$$F_{u\vartheta}^u = m\omega_{\vartheta}^2 R_{\vartheta}, \quad (2.56)$$

где ω_{ϑ} - угловая скорость вращения кривошипа, c^{-1} ;

R_{ϑ} - величина (радиус) кривошипа, м.

Для построения математической модели движения семени в состоянии 4-1 принимаем систему координат Mx и My . Ось Mx направляем к центру барабана из точки M ; ось My направляем касательно к окружности барабана в точке M по направлению вращения барабана. Относительно принятой системы отчета сумма всех сил, действующих на семя M , равна нулю, следовательно, и проекции этих сил на оси Mx и My равны нулю

$$\sum F_{Mx}: N + mg \cos(\pi - \omega_{\sigma}t) - F_{u\sigma}^u - F_{u\vartheta}^u \cos(\omega_{\vartheta}t - (\pi - \omega_{\sigma}t)) = 0, \quad (2.57)$$

$$\sum F_{My}: F_{mp} + F_{u\vartheta}^u \sin(\omega_{\vartheta}t - (\pi - \omega_{\sigma}t)) - mg \sin(\pi - \omega_{\sigma}t) = 0, \quad (2.58)$$

Выразим силу N из уравнения (2.54)

$$N = \frac{F_{mp}}{tg\varphi}, \quad (2.59)$$

Подставив N из выражения (2.59) в уравнение (2.57) выразим F_{mp}

$$\frac{F_{mp}}{tg\varphi} + mg \cos(\pi - \omega_{\sigma}t) - F_{u\sigma}^u - F_{u\vartheta}^u \cos(\omega_{\vartheta}t - (\pi - \omega_{\sigma}t)) = 0 ;$$

$$F_{mp} = F_{u\sigma}^u + F_{u\vartheta}^u \cos(\omega_{\vartheta}t - (\pi - \omega_{\sigma}t))tg\varphi - mg \cos(\pi - \omega_{\sigma}t)tg\varphi. \quad (2.60)$$

Проанализируем уравнение (2.60)

Для времени, когда $t_4 \leq t \leq t_1$ справедливо выражение

$$F_{mp}^{пред} \leq F_{u\sigma}^u + F_{u\vartheta}^u \cos(\omega_{\vartheta}t - (\pi - \omega_{\sigma}t))tg\varphi - mg \cos(\pi - \omega_{\sigma}t)tg\varphi, \quad (2.61)$$

где $F_{mp}^{пред}$ - предельная сила трения, способная удержать семя на внутренней поверхности стенки барабана без скольжения.

Условие, когда семя движется без скольжения, можно записать в следующей форме

$$F_{mp}^{nped} \leq F_{mp} \quad (2.62)$$

С течением времени, т.е. с увеличением t , составляющая силы тяжести на оси Mx $mg \cos(\pi - \omega_0 t)$ будет увеличиваться вследствие увеличения угла $\omega_0 t$. Это приведет к тому, что в момент времени t_1 правая сторона неравенства (2.61) уменьшится до значения F_{mp}^{nped} .

Неравенство (2.61) примет вид

$$F_{mp}^{nped} = F_{u\phi}^u + F_{u\omega}^u \cos(\omega_3 t - (\pi - \omega_0 t)) \operatorname{tg} \varphi - mg \cos(\pi - \omega_0 t) \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.63)$$

Уравнение (2.63) характеризует положение семени в точке 1 (рисунок 2.7), в момент времени, когда начинается проскальзывание семени относительно поверхности барабана.

Уравнение (2.63) для момента времени t_1 принимает вид

$$F_{mp}^{nped} + F_{u\omega}^u \sin(\omega_3 t_1 - (\pi - \omega_0 t_1)) - mg \sin(\pi - \omega_0 t_1) = 0 \quad (2.64)$$

Выражаем F_{mp}^{nped} из уравнения (2.64):

$$F_{mp}^{nped} = mg \sin(\pi - \omega_0 t_1) - F_{u\omega}^u \sin(\omega_3 t_1 - (\pi - \omega_0 t_1)), \quad (2.65)$$

Приравняв правые стороны уравнений (2.63) и (2.65) получаем уравнение для определения времени t_1

$$\begin{aligned} F_{u\phi}^u + F_{u\omega}^u \cos(\omega_3 t_1 - (\pi - \omega_0 t_1)) \operatorname{tg} \varphi - mg \cos(\pi - \omega_0 t_1) \operatorname{tg} \varphi = \\ = mg \sin(\pi - \omega_0 t_1) - F_{u\omega}^u \sin(\omega_3 t_1 - (\pi - \omega_0 t_1)); \\ F_{u\phi}^u + F_{u\omega}^u \cos(\omega_3 t_1 + \omega_0 t_1 - \pi) \operatorname{tg} \varphi - mg \cos(\pi - \omega_0 t_1) \operatorname{tg} \varphi - \\ - mg \sin(\pi - \omega_0 t_1) + F_{u\omega}^u \sin(\omega_3 t_1 + \omega_0 t_1 - \pi) = 0. \end{aligned} \quad (2.66)$$

Используя формулы приведения и упрощая уравнение (2.66) получим

$$\begin{aligned} F_{u\phi}^u - F_{u\omega}^u \cos(\omega_3 t_1 + \omega_0 t_1) \operatorname{tg} \varphi + mg \cos(\omega_0 t_1) \operatorname{tg} \varphi - \\ - mg \sin(\omega_0 t_1) - F_{u\omega}^u \sin(\omega_3 t_1 + \omega_0 t_1) = 0 \end{aligned} \quad (2.67)$$

Подставляя выражения $F_{u\phi}^u$ и $F_{u\omega}^u$ из (2.55) и (2.56) в уравнение (2.67) и сократив обе части на m получим

$$\begin{aligned} \omega_0^2 R_0 \operatorname{tg} \varphi - \omega_3^2 R_3 \cos(\omega_3 t_1 + \omega_0 t_1) \operatorname{tg} \varphi + g \cos(\omega_0 t_1) \operatorname{tg} \varphi - \\ - g \sin(\omega_0 t_1) - \omega_3^2 R_3 \sin(\omega_3 t_1 + \omega_0 t_1) = 0 \end{aligned} \quad (2.68)$$

Уравнение (2.68) позволяет определить время t_1 , когда начинается проскальзывание семени относительно поверхности барабана. В свою очередь время t_1 позволяет определить угол $\omega_0 t$ - насколько повернется барабан до начала скольжения семени, и угол $\omega_3 t$ - положение кривошипа в момент начала скольжения семени.

Далее рассмотрим цикл движения семени в промежутке 1-2, когда семя движется по поверхности барабана с проскальзыванием, но без отрыва от поверхности. Отличительной особенностью поведения семени в промежутке 1-2 является то, что семя движется

относительно поверхности барабана с отрицательным угловым ускорением ε . Вследствие этого на семя дополнительно действует еще одна сила $F_{u\delta}^{\kappa}$ - касательная сила инерции семени относительно барабана, направленная по касательной к окружности поперечного сечения барабана по направлению вращения барабана, Н. Сила $F_{u\delta}^{\kappa}$ выражается величиной

$$F_{u\delta}^{\kappa} = m\varepsilon R_{\delta} \quad (2.69)$$

где ε - угловое ускорение семени, с^{-2} ;

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}, \quad (2.70)$$

где ω - угловая скорость проскальзывания семени относительно поверхности барабана, с^{-1} (рисунок 2.9).

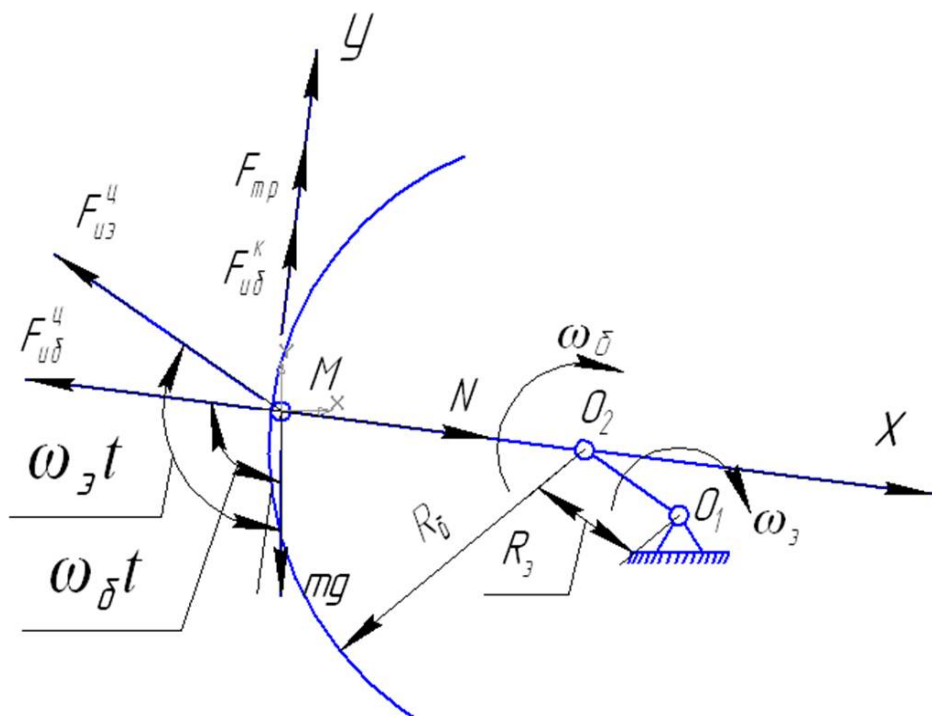


Рисунок 2.9 Схема сил, действующих на материальную точку М в состоянии 1-2

Принимаем систему координат Mx и My . Ось Mx направляем к центру барабана из точки M ; ось My направляем касательно к окружности барабана в точке M по направлению вращения барабана. Относительно принятой системы отчета сумма всех сил, действующих на семя M , равна нулю, следовательно, и проекции этих сил на оси Mx и My равны нулю

$$\sum F_{Mx} = 0: N + mg \cos(\pi - (\omega_{\delta}t - \omega t)) - F_{u\delta}^u - F_{u\delta}^u \cos(\omega_3 t - (\pi - \omega_{\delta}t)) = 0 \quad (2.71)$$

$$\sum F_{My} = 0 : F_{mp} + F_{u\bar{o}}^{\kappa} + F_{u\bar{o}}^u \sin(\omega_3 t - (\pi - \omega_6 t + \omega t)) - mg \sin(\pi - \omega_6 t + \omega t) = 0, \quad (2.72)$$

$$N = F_{u\bar{o}}^u - mg \cos(\pi - (\omega_6 t - \omega t)) + F_{u\bar{z}}^u \cos(\omega_3 t - (\pi - \omega_6 t)); \quad (2.73)$$

$$F_{mp} = mg \sin(\pi - \omega_6 t + \omega t) - F_{u\bar{o}}^{\kappa} - F_{u\bar{z}}^u \sin(\omega_3 t - (\pi - \omega_6 t + \omega t)). \quad (2.74)$$

Подставив значения $F_{u\bar{o}}^u$ и $F_{u\bar{z}}^u$ в уравнение (2.73) и упростив его, получим

$$N = m\omega_6^2 R_{\bar{o}} + mg \cos(\omega_6 t - \omega t) + m\omega_3^2 R_3 \cos(\omega_3 t + \omega_6 t). \quad (2.75)$$

Также, подставив значения F_{mp} , $F_{u\bar{o}}^{\kappa}$ и $F_{u\bar{z}}^u$ в уравнение (2.74) и упростив, будем иметь

$$N \tan \varphi + m \varepsilon R_{\bar{o}} - m\omega_3^2 R_3 \sin(\omega_3 t - \omega_6 t + \omega t) - mg \sin(\omega_6 t - \omega t) = 0 ;$$

$$N = \frac{m\omega_3^2 R_3 \sin(\omega_3 t - \omega_6 t + \omega t) - mg \sin(\omega_6 t - \omega t) - m \varepsilon R_{\bar{o}}}{\tan \varphi}. \quad (2.76)$$

Приравнивая между собой правые части уравнений (2.75) и (2.76) и сокращая на m , получим

$$\omega_6^2 R_{\bar{o}} \tan \varphi + g \cos(\omega_6 t - \omega t) \tan \varphi + \omega_3^2 R_3 \cos(\omega_3 t + \omega_6 t) \tan \varphi =$$

$$\omega_3^2 R_3 \sin(\omega_3 t - \omega_6 t + \omega t) - g \sin(\omega_6 t - \omega t) - m \varepsilon R_{\bar{o}} \quad (2.77)$$

Из уравнения (2.77) выразим ε :

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \omega_6^2 \tan \varphi + \frac{g}{R_{\bar{o}}} \cos(\omega_6 t - \omega t) + \frac{\omega_3^2 R_3}{R_{\bar{o}}} \cos(\omega_3 t + \omega_6 t) -$$

$$- \frac{\omega_3^2 R_3}{R_{\bar{o}}} \sin(\omega_3 t - \omega_6 t + \omega t) - \frac{g}{R_{\bar{o}}} \sin(\omega_6 t + \omega t). \quad (2.78)$$

Интегрирование уравнения (2.78) позволяет избавиться от ε и получить уравнение с двумя неизвестными ω и t , с пределами интегрирования t_1 и t_2

$$\frac{t_2^2}{2} \omega_6^2 \tan \varphi + \frac{g \sin(\omega_6 t_2 - \omega t_2)}{R_{\bar{o}}(\omega_6 - \omega)} + \frac{\omega_3^2 R_3 \sin(\omega_3 t_2 + \omega_6 t_2)}{R_{\bar{o}}(\omega_3 + \omega_6)} +$$

$$+ \frac{\omega_3^2 R_3 \cos(\omega_3 t_2 - \omega_6 t_2 + \omega t_2)}{(\omega_3 - \omega_6 + \omega)} + \frac{g \cos(\omega_6 t_2 - \omega t_2)}{R_{\bar{o}}(\omega_6 - \omega)} -$$

$$- \frac{t_1^2}{2} \omega_6^2 \tan \varphi - \frac{g \sin(\omega_6 t_1 - \omega t_1)}{R_{\bar{o}}(\omega_6 - \omega)} - \frac{\omega_3^2 R_3 \sin(\omega_3 t_1 + \omega_6 t_1)}{R_{\bar{o}}(\omega_3 + \omega_6)} -$$

$$- \frac{\omega_3^2 R_3 \cos(\omega_3 t_1 - \omega_6 t_1 + \omega t_1)}{(\omega_3 - \omega_6 + \omega)} - \frac{g \cos(\omega_6 t_1 - \omega t_1)}{R_{\bar{o}}(\omega_6 - \omega)} - \omega = 0. \quad (2.79)$$

Уравнение (2.79) описывает движение семени в состоянии 1-2, когда семя движется по поверхности барабана со скольжением, но без отрыва.

Момент времени, когда происходит отрыв семени от внутренней поверхности барабана, характеризуется отсутствием реакции опоры, т.е. условием отрыва семени является равенство реакции N нулю

$$N = 0 \quad (2.80)$$

При этом проекция сил на ось Mx принимает вид

$$mg \sin(\omega_6 t_2 - \omega t_2 - 90^\circ) - F_{u6}^u - F_{u9}^u \cos(\omega_9 t_2 - \omega_6 t_2 + \omega t_2) = 0, \quad (2.81)$$

Подставив значения F_{u6}^u и F_{u9}^u в уравнение (2.81) и сократив на m , получим

$$g \cos(\omega t_2 - \omega_6 t_2) + (\omega_6 - \omega)^2 R_6 + \omega_9^2 R_9 \cos(\omega_9 t_2 - \omega_6 t_2 + \omega t_2) = 0. \quad (2.82)$$

Уравнения (2.79) и (2.82) для момента времени $t=t_2$ образуют систему уравнений с двумя неизвестными ω и t

$$\begin{cases} \frac{t_2^2}{2} \omega_6^2 tg\varphi + \frac{g \sin(\omega_6 t_2 - \omega t_2)}{R_6(\omega_6 - \omega)} + \frac{\omega_9^2 R_9 \sin(\omega_9 t_2 + \omega_6 t_2)}{R_6(\omega_9 + \omega_6)} + \\ + \frac{\omega_9^2 R_9 \cos(\omega_9 t_2 - \omega_6 t_2 + \omega t_2)}{(\omega_9 - \omega_6 + \omega)} + \frac{g \cos(\omega_6 t_2 - \omega t_2)}{R_6(\omega_6 - \omega)} - \\ - \frac{t_1^2}{2} \omega_6^2 tg\varphi - \frac{g \sin(\omega_6 t_1 - \omega t_1)}{R_6(\omega_6 - \omega)} - \frac{\omega_9^2 R_9 \sin(\omega_9 t_1 + \omega_6 t_1)}{R_6(\omega_9 + \omega_6)} - \\ - \frac{\omega_9^2 R_9 \cos(\omega_9 t_1 - \omega_6 t_1 + \omega t_1)}{(\omega_9 - \omega_6 + \omega)} - \frac{g \cos(\omega_6 t_1 - \omega t_1)}{R_6(\omega_6 - \omega)} - \omega = 0. \\ g \cos(\omega t_2 - \omega_6 t_2) + (\omega_6 - \omega)^2 R_6 + \omega_9^2 R_9 \cos(\omega_9 t_2 - \omega_6 t_2 + \omega t_2) = 0. \end{cases} \quad (2.83)$$

Система уравнений (2.83) позволяет определить положение семени в момент отрыва:

$\omega_9 t_2$ - угол поворота кривошипа;

$\omega_6 t_2 - \omega t_2$ - угол поворота семени относительно поверхности барабана.

Относительная скорость семени в момент времени t_2 относительно точки O_2 (центра барабана) определяется выражением $(\omega_6 - \omega)R_6$. Переносная скорость от вращения кривошипа определяется выражением $\omega_9 R_9$.

Абсолютная скорость семени в момент отрыва определяется суммой векторов $\overrightarrow{(\omega_6 - \omega)R_6}$ и $\overrightarrow{\omega_9 R_9}$ (рисунок 2.10)

$$\overrightarrow{V_3} = \overrightarrow{(\omega_6 - \omega)R_6} + \overrightarrow{\omega_9 R_9} \quad (2.84)$$

Для определения значения вектора абсолютной скорости V_3 воспользуемся теоремой косинусов

$$V_3 = \sqrt{((\omega_6 - \omega)R_6)^2 + (\omega_9 R_9)^2 + 2(\omega_6 - \omega)R_6 \omega_9 R_9 \cos(\omega_6 t_2 - \omega t_2)} \quad (2.85)$$

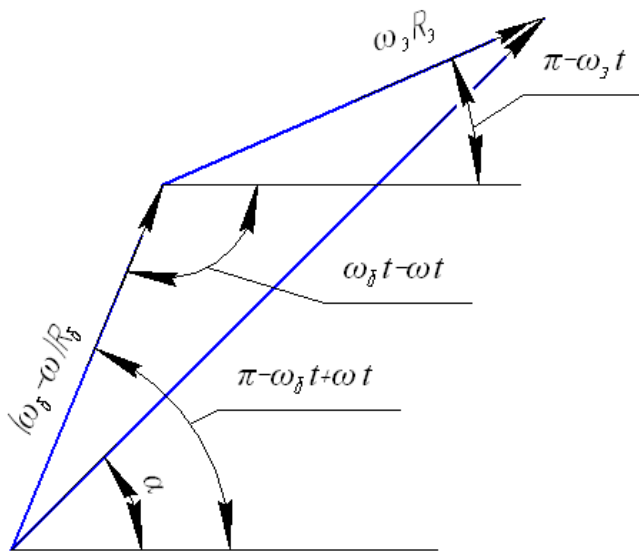


Рисунок 2.10 Определение вектора абсолютной скорости семени V_3

Для определения угла наклона вектора \vec{V}_3 над горизонтом воспользуемся теоремой синусов

$$\frac{V_3}{\sin(\pi - \omega_3 t_2 + \omega_6 t_2 - \omega t_2)} = \frac{\omega_3 R_3}{\sin(\pi - \omega_6 t_2 - \omega t_2 - \alpha)}; \quad (2.86)$$

$$\pi - \omega_6 t_2 - \omega t_2 - \alpha = \arcsin \frac{\sin(\pi - \omega_3 t_2 + \omega_6 t_2 - \omega t_2) \omega_3 R_3}{V_3};$$

$$\alpha = \pi - \omega_6 t_2 - \omega t_2 - \arcsin \frac{\sin(\pi - \omega_3 t_2 + \omega_6 t_2 - \omega t_2) \omega_3 R_3}{V_3}. \quad (2.87)$$

Таким образом, в момент времени $t = t_2$ - начала свободного полета семени можем определить значение абсолютной скорости семени V_3 (из уравнения 2.85), направление вектора абсолютной скорости (угол наклона касательной к траектории полета семени α над горизонтом, из уравнения (2.87)), положение кривошипа (угол $\omega_3 t_2$) и положение семени относительно поверхности барабана (угол $\omega_6 t_2 - \omega t_2$).

Рассмотрим цикл свободного движения (полета) частицы внутри вращающегося барабана. Принимаем систему координат с началом в точке O_2 . Ось $O_2 x$ направим горизонтально; ось $O_2 y$ вертикально, как показано на рисунке 2.11.

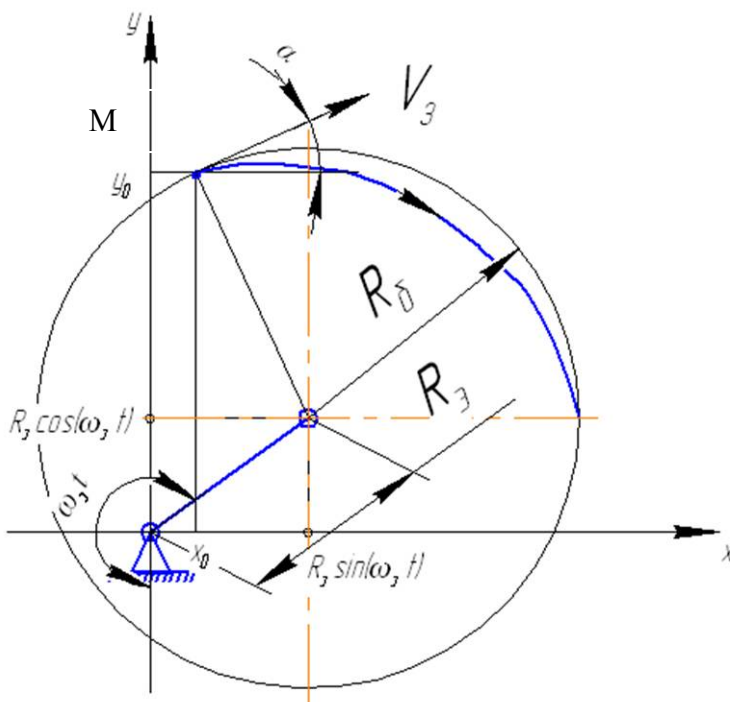


Рисунок 2.11 Расчетная схема в промежутке 2-3

Полет тела, брошенного под углом к горизонту, описывается следующими уравнениями

$$\begin{cases} x = x_0 + V_0 t \cos \alpha \\ y = y_0 + V_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \end{cases} \quad (2.88)$$

где x_0 - проекция точки M на ось O_2x , в нашем случае

$$\begin{aligned} x_0 &= -R_3 \cos\left(\omega_3 t_2 - \frac{\pi}{2}\right) - R_6 \cos\left(\omega_6 t_2 - \omega t_2 - \frac{\pi}{2}\right) = -R_3 \cos\left(\frac{\pi}{2} - \omega_3 t_2\right) - \\ &R_6 \cos\left(\frac{\pi}{2} - \omega_6 t_2 + \omega t_2\right) = -R_3 \sin(\omega_3 t_2) - R_6 \sin(\omega_6 t_2 + \omega t_2) \end{aligned} \quad (2.89)$$

V_0 - начальная скорость семени, $V_0 = V_3$;

y_0 - проекция точки M на ось O_2y . Для нашего случая

$$\begin{aligned} y_0 &= -R_3 \sin\left(\omega_3 t_2 - \frac{\pi}{2}\right) + R_6 \sin\left(\omega_6 t_2 - \omega t_2 - \frac{\pi}{2}\right) = -R_3 \sin\left(\frac{\pi}{2} - \omega_3 t_2\right) - \\ &R_6 \sin\left(\frac{\pi}{2} - \omega_6 t_2 + \omega t_2\right) = -R_3 \cos(\omega_3 t_2) - R_6 \cos(\omega_6 t_2 - \omega t_2) \end{aligned} \quad (2.90)$$

t - время полета семени, для нашего случая $t_0 = t_2$

$$\begin{cases} x = -R_3 \sin(\omega_3 t_2) - R_6 \sin(\omega_6 t_2 + \omega t_2) + V_3(t - t_2) \cos \alpha \\ y = -R_3 \cos(\omega_3 t_2) - R_6 \cos(\omega_6 t_2 - \omega t_2) + V_3(t - t_2) \sin \alpha - \frac{g(t - t_2)^2}{2} \end{cases} \quad (2.91)$$

Система уравнений (2.91) описывает движение семени во время свободного полета, т.е. определяет положение семени (координаты x и y) в зависимости от времени t .

Поверхность барабана в поперечном сечении проецируется в окружность, описываемую следующим уравнением

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2 \quad (2.92)$$

где x_0 - отклонение центра окружности по оси O_2x ; в нашем случае

$$x_0 = R_s \sin(\omega_s t);$$

y_0 - отклонение центра окружности по оси O_2y

$$y_0 = R_s \cos(\omega_s t);$$

R - радиус барабана, $R = R_6$;

Окончательно

$$(x - R_s \sin(\omega_s t))^2 + (y - R_s \cos(\omega_s t))^2 = R_6^2; \quad (2.93)$$

Выражению (2.93) представляет собой уравнение окружности, радиусом R_6 поверхности барабана центр которой, в свою очередь, перемещается по окружности с радиусом R_s (величина эксцентриситета) в зависимости от времени t .

Взаимное решение уравнения (2.93) и системы уравнений (2.91) дает координаты точки 3 (x_3, y_3) в момент времени t_3 , когда точка положения семени M лежит на окружности барабана, т.е. семя пересекается с поверхностью барабана

$$\begin{cases} x = -R_s \sin(\omega_s t_2) - R_6 \sin(\omega_6 t_2 + \omega t_2) + V_3(t - t_2) \cos \alpha \\ y = -R_s \cos(\omega_s t_2) - R_6 \cos(\omega_6 t_2 - \omega t_2) + V_3(t - t_2) \sin \alpha - \frac{g(t - t_2)^2}{2} \\ (x - R_s \sin(\omega_s t))^2 + (y - R_s \cos(\omega_s t))^2 = R_6^2 \end{cases} \quad (2.94)$$

Таким образом, математическая модель рабочего процесса предпосевной обработки семян барабанным протравливателем с нестационарным режимом движения представляет собой ряд уравнений в неявном виде, позволяющее определить:

- момент времени, когда начинается проскальзывание семени относительно поверхности барабана;
- момент времени отрыва семени от поверхности барабана и скорость проскальзывания семени относительно поверхности барабана;
- время, соответствующее попаданию семени на поверхность барабана.

Последнее дает возможность определить продолжительность свободного полета семени, т.е. время, когда происходит полный (по всей поверхности) контакт семени со смесью препарата и воздуха. Обоснование конструктивных параметров протравливателя с эксцентрично закрепленным барабаном в дальнейшем должно быть направлено на увеличение продолжительности и достижения разбросанности значения этого времени, что позволит, соответственно, повысить качество обработки семян и уменьшить конструктивные размеры протравливателя [19-20,226-227].

Выведенные уравнения (2.68) и системы уравнений (2.83) и (2.94) позволяют определить требуемые для исследования величины t_1 (время, когда начинается проскальзывание семени относительно поверхности барабана), t_2 (время положения семени в момент отрыва относительно поверхности барабана), ω (угловая скорость проскальзывания семян относительно поверхности барабана) и t_3 (время положения семени в момент пересечения с поверхностью барабана).

Все определяемые величины являются взаимозависимыми, так t_1 , определяемое из уравнения (2.68), входит в систему уравнений (2.83) и позволяет определить t_2 и ω ; t_2 и ω входят в систему уравнений (2.94) и позволяют определить t_3 ; разность t_3 и t_2 дает в свою очередь Δt . $\Delta t = t_3 - t_2$ - время полета семени.

Однако все уравнения выражены относительно переменных t и ω в неявном виде. Упрощение уравнений до явного вида не представляется возможным из-за их сложности. Решение неявных уравнений и их систем возможно в программе MathCAD.

Для решения уравнений, выраженных в неявном виде, используется функция *root*. Аргументами функции являются выражение и переменная, входящая в выражение. Ищется значение переменной, при котором выражение обращается в ноль. Например, $root(f(t), t)$ возвращает значение t , при котором выражение или функция $f(t)$ обращается в ноль. Оба аргумента этой функции должны быть скалярными. Функция возвращает скаляр. Первый аргумент есть либо функция, определенная где-либо в рабочем документе, или выражение. Выражение должно возвращать скалярные значения.

Второй аргумент – имя переменной, которое используется в выражении. Эта та переменная, варьируя которую MathCAD будет пытаться обратить выражение в ноль. Этой переменной перед использованием функции *root* необходимо присвоить числовое

значение. MathCAD использует его как начальное приближение при поиске корня.

Уравнение 1

```

Ψ := 6.3
r := 0.25
t := 0.130
Ω := 8
R := 0.027
α := 3.14
f(t) := Ψ2 · r · 0.51 - Ω2 · R · cos[Ω · (t + α) + Ψ · t] · 0.51 + 9.81 · cos(Ψ · t) · 0.51 - 9.81 · sin(Ψ · t) - Ω2 · R · sin[Ω · (t + α) + Ψ · t]
root(f(t), t) = 0.128

```

Рисунок 2.12 Уравнение (2.68), набранное в программе Mathcad с использованием функции *root*

Уравнение (2.68), набранное в программе MathCAD с использованием функции *root*, имеет следующий вид (рисунок 2.12).

MathCAD не позволяет задавать переменные с индексом, поэтому величины R_3 , R_6 , ω_3 , ω_6 задаем в следующем виде:

$R_3 = R$; $R_6 = r$; $\omega_3 = \Omega$; $\omega_6 = \Psi$; α – шаг эксперимента, с.

Для решения системы уравнений (2.83) используем блок Given...Find.

Функция Find возвращает значения неизвестных, обращающих уравнения в верные тождества, т.е. возвращает точное значение системы уравнений или одного уравнения в частном случае. Для системы из n уравнений с n неизвестными решение возвращается в виде вектора, состоящего из n элементов.

Порядок применения блока Given...Find следующий:

1. Всем неизвестным, входящим в систему, задается начальное приближение.
2. Печатается ключевое слово Given, которое указывает MathCAD, что далее следует система уравнений.
3. Задаются уравнения.
4. Применяется функция Find в составе какого-нибудь выражения. В качестве аргументов через запятую перечисляются имена входящих в систему переменных в том порядке, в котором должны быть расположены в ответе соответствующие им корни.

Система уравнений (2.83), набранная в программе Mathcad с использованием блока Given...Find выглядит следующим образом (рисунок 2.13):

$$\begin{aligned}
& \text{Уравнение 2} \\
& \Psi := 6.3 \\
& r := 0.25 \quad \alpha := 1.2559987 \\
& t := 1 \quad T := 0.15 \\
& \omega := 1 \\
& R := 0.003 \\
& \Omega := 5 \\
& \text{Given} \\
& \frac{-(t^2 \cdot \Psi^2 \cdot 0.3)}{2} + \frac{-9.81 \cdot \sin(\Psi \cdot T - \omega \cdot T)}{r \cdot (\Psi - \omega)} + \frac{-[\Omega^2 \cdot R \cdot \sin[\Omega \cdot (T + \alpha) + \Psi \cdot T]]}{r \cdot (\Omega + \Psi)} + \frac{-[\Omega^2 \cdot R \cdot \cos[\Omega \cdot (T + \alpha) - \Psi \cdot T + \omega \cdot T]]}{(\Omega - \Psi + \omega)} + \frac{-9.81 \cdot \cos(\Psi \cdot T - \omega \cdot T)}{r \cdot (\Psi - \omega)} + \\
& + \left[\frac{t^2 \cdot \Psi^2 \cdot 0.3}{2} + \frac{9.81 \cdot \sin(\Psi \cdot t - \omega \cdot t)}{r \cdot (\Psi - \omega)} + \frac{\Omega^2 \cdot R \cdot \sin[\Omega \cdot (t + \alpha) + \Psi \cdot t]}{r \cdot (\Omega + \Psi)} + \frac{\Omega^2 \cdot R \cdot \cos[\Omega \cdot (t + \alpha) - \Psi \cdot T + \omega \cdot t]}{(\Omega - \Psi + \omega)} + \frac{9.81 \cdot \cos(\Psi \cdot t - \omega \cdot t)}{r \cdot (\Psi - \omega)} \right] - \omega = 0 \\
& 9.81 \cdot \cos(\omega \cdot t - \Psi \cdot t) + (\Psi - \omega)^2 \cdot r + \Omega^2 \cdot R \cdot \cos[\Omega \cdot (t + \alpha) - \Psi \cdot t + \omega \cdot t] = 0 \\
& \text{Find}(t, \omega) = \begin{pmatrix} 0.737 \\ 1 \end{pmatrix}
\end{aligned}$$

Рисунок 2.13 Система уравнений (2.83), набранная в программе Mathcad с использованием блока Given...Find

При этом $R_3=R$; $R_6=r$; $\omega_3=\Omega$; $\omega_6=\psi$; $t_1=T$; α – шаг эксперимента.

Система уравнений (2.94) может быть преобразована следующим образом (после подстановки выражений для x , y и V_3 в третье уравнение системы (2.94))

$$\begin{aligned}
& (-R_3 \sin(\omega_3 t_2) - R_6 \sin(\omega_6 t_2 + \omega t_2) + \sqrt{((\omega_6 - \omega) R_6)^2 + (\omega_3 R_3)^2} + 2(\omega_6 - \omega) R_6 \omega_3 R_3 \cos(\omega_6 t_2 - \omega t_2))^* \\
& * (t - t_2) \cos \alpha - R_3 \sin(\omega_3 t))^2 + + (-R_3 \cos(\omega_3 t_2) - R_6 \cos(\omega_6 t_2 - \omega t_2) + \\
& + \sqrt{((\omega_6 - \omega) R_6)^2 + (\omega_3 R_3)^2} + 2(\omega_6 - \omega) R_6 \omega_3 R_3 \cos(\omega_6 t_2 - \omega t_2)) (t - t_2) \sin \alpha - \\
& - \frac{g(t - t_2)^2}{2} - R_3 \cos(\omega_3 t))^2 = R_6^2
\end{aligned} \tag{2.95}$$

В итоге имеем одно уравнение (2.95), выраженное в неявном виде, которое решается с помощью функции root (рисунок 2.14).

Применение полученного уравнения позволило нам получить оптимальное значение радиуса кривошипа барабана, при котором семя в нестационарном режиме работы барабана производит максимальный по времени полет, а значит, имеет возможность наиболее полно покрываться обрабатываемым препаратом. Дальнейшее увеличение времени полета при увеличении радиуса кривошипа приводит к вибрации установки и доли поврежденных от удара семян.

Уравнение 3

$$\begin{aligned} t &:= 1 \\ \Psi &:= 6.3 \\ r &:= 0.25 \\ \Omega &:= 5 \\ R &:= 0.003 \end{aligned} \quad \begin{aligned} T &:= 0.737 \\ \omega &:= 1 \\ \alpha &:= 1.2559987 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(t) = & \left[-R \cdot \sin[\Omega \cdot (T + \alpha)] - r \cdot \sin(\Psi \cdot T + \omega \cdot T) + \sqrt{[(\Psi - \omega) \cdot r]^2 + (\Omega \cdot R)^2 + 2 \cdot (\Psi - \omega) \cdot r \cdot \Omega \cdot R \cdot \cos(\Psi \cdot T - \omega \cdot T)} \cdot (t - T) \cdot \cos \left[\pi - \Psi \cdot T - \omega \cdot T - \right. \right. \\ & \left. \left. - \arcsin \left[\frac{\sin[\pi - \Omega \cdot (T + \alpha) + \Psi \cdot T - \Psi \cdot T] \cdot \Omega \cdot R}{\sqrt{[(\Psi - \omega) \cdot r]^2 + (\Omega \cdot R)^2 + 2 \cdot (\Psi - \omega) \cdot r \cdot \Omega \cdot R \cdot \cos(\Psi \cdot T - \omega \cdot T)}} \right] \right] - R \cdot \sin[\Omega \cdot (T + \alpha)] \right]^2 + \left[-R \cdot \cos[\Omega \cdot (T + \alpha)] - r \cdot \cos(\Psi \cdot T - \omega \cdot T) + \right. \\ & \left. + \sqrt{[(\Psi - \omega) \cdot r]^2 + (\Omega \cdot R)^2 + 2 \cdot (\Psi - \omega) \cdot r \cdot \Omega \cdot R \cdot \cos(\Psi \cdot T - \omega \cdot T)} \cdot (t - T) \cdot \sin \left[\pi - \Psi \cdot T - \omega \cdot T - \arcsin \left[\frac{\sin[\pi - \Omega \cdot (T + \alpha) + \Psi \cdot T - \Psi \cdot T] \cdot \Omega \cdot R}{\sqrt{[(\Psi - \omega) \cdot r]^2 + (\Omega \cdot R)^2 + 2 \cdot (\Psi - \omega) \cdot r \cdot \Omega \cdot R \cdot \cos(\Psi \cdot T - \omega \cdot T)}} \right] \right] \right]^2 - \\ & \left. - \frac{9.81 \cdot (t - T)^2}{2} - R \cdot \cos[\Omega \cdot (T + \alpha)] \right] - r^2 \end{aligned}$$

$$\text{root}(f(t), t) = 0.947$$

Рисунок 2.14 Уравнение (2.95), набранное в программе Mathcad с использованием функции root

Построенная математическая модель движения семени внутри эксцентрично закрепленного барабана протравливателя семян способствует более полному использованию рабочего объема барабана и качественному покрытию семян препаратами и подтверждает полученные результаты экспериментов, проведенных в лабораторных и производственных условиях.

2.3. Аэродинамическая модель процесса предпосевной обработки семян барабанным инкрустатором

Проведенный ряд экспериментов на разработанном нами барабанном инкрустаторе свидетельствовал о турбулентности режима течения воздушных потоков внутри установки, что не позволяет добиться равномерного покрытия семян защитно-стимулирующими препаратами.

На основе полученных данных было проведено моделирование движения воздуха в программном комплексе FlowVision. Спроектированная 3D модель данного устройства в программе КОМПАС-3D, которая для решения математической модели созданной геометрии модели устройства была импортирована в формате VRML в программный комплекс FlowVision, затем была преобразована в подобласть расчета [52].

Для созданной подобласти расчета нами выбрана математическая модель несжимаемой жидкости.

На рисунке 2.15 мы видим, что взаимодействие двух воздушных потоков происходит ближе к выходу и в этой зоне образуются вихри. На выходе скорость воздушного потока увеличивается.

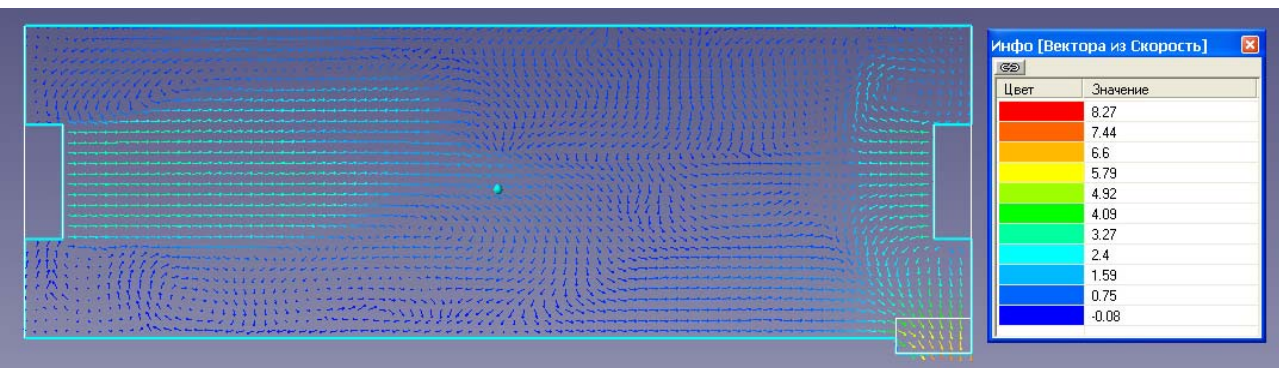


Рисунок 2.15 Визуализация результатов вычисления по векторам скоростей

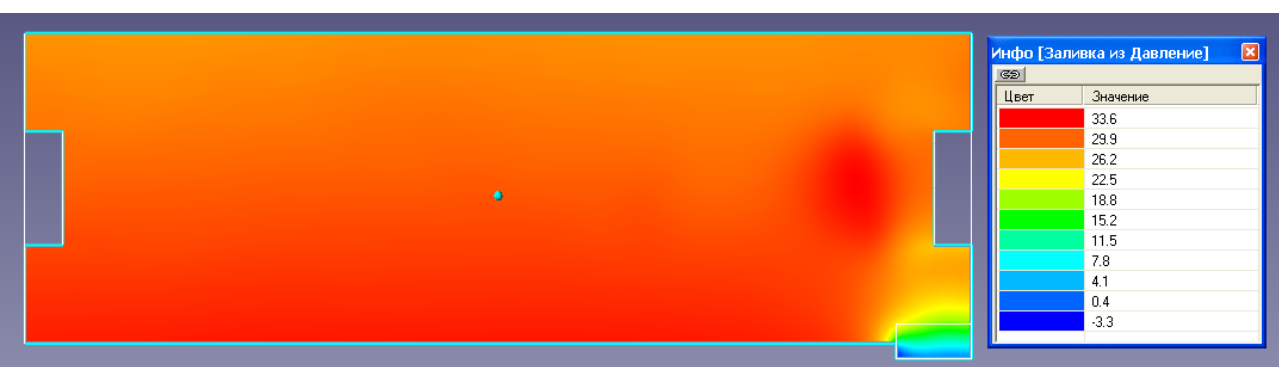


Рисунок 2.16 Визуализация результатов вычисления по давлению методом заливки

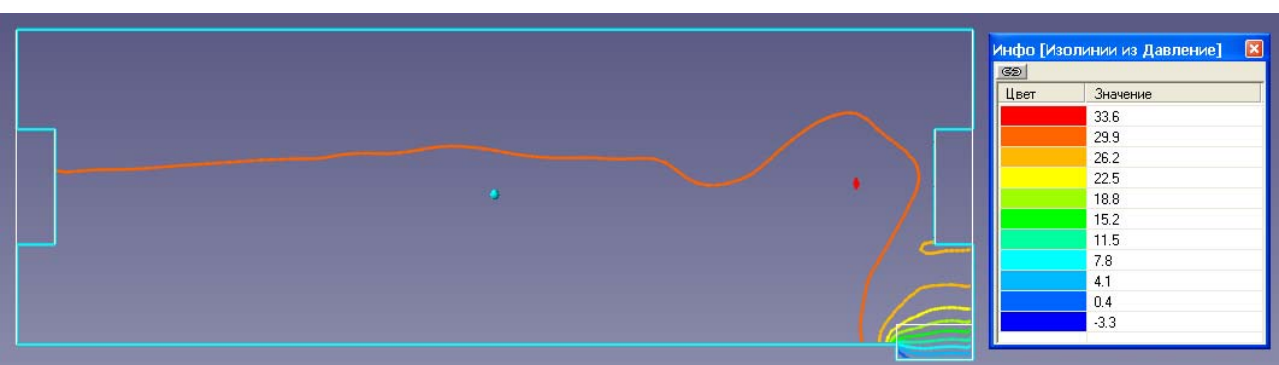


Рисунок 2.17 Визуализация результатов вычисления по давлению методом изолиний

Анализируя данные на рисунках 2.16 и 2.17, мы видим, что давление по сравнению с атмосферным внутри установки увеличивается незначительно (на 33,6 Па) и примерно одинаково по всей расчетной области. Максимальное давление наблюдается в зоне взаимодействия двух воздушных потоков. Проведение ряда

экспериментов и моделирование движения воздуха в программном комплексе FlowVision подтвердила опытные данные, свидетельствующие о том, что конструкция разработанного инкрустатора несовершенна и требует доработки в части более сложного действия воздушных потоков [232].

С учетом этого была разработана усовершенствованная конструкция инкрустатора, снятые показатели с которой позволили более точно оценить характер взаимодействия воздушных потоков. С этими данными было проведено компьютерное моделирование движения воздушных потоков с помощью программного комплекса

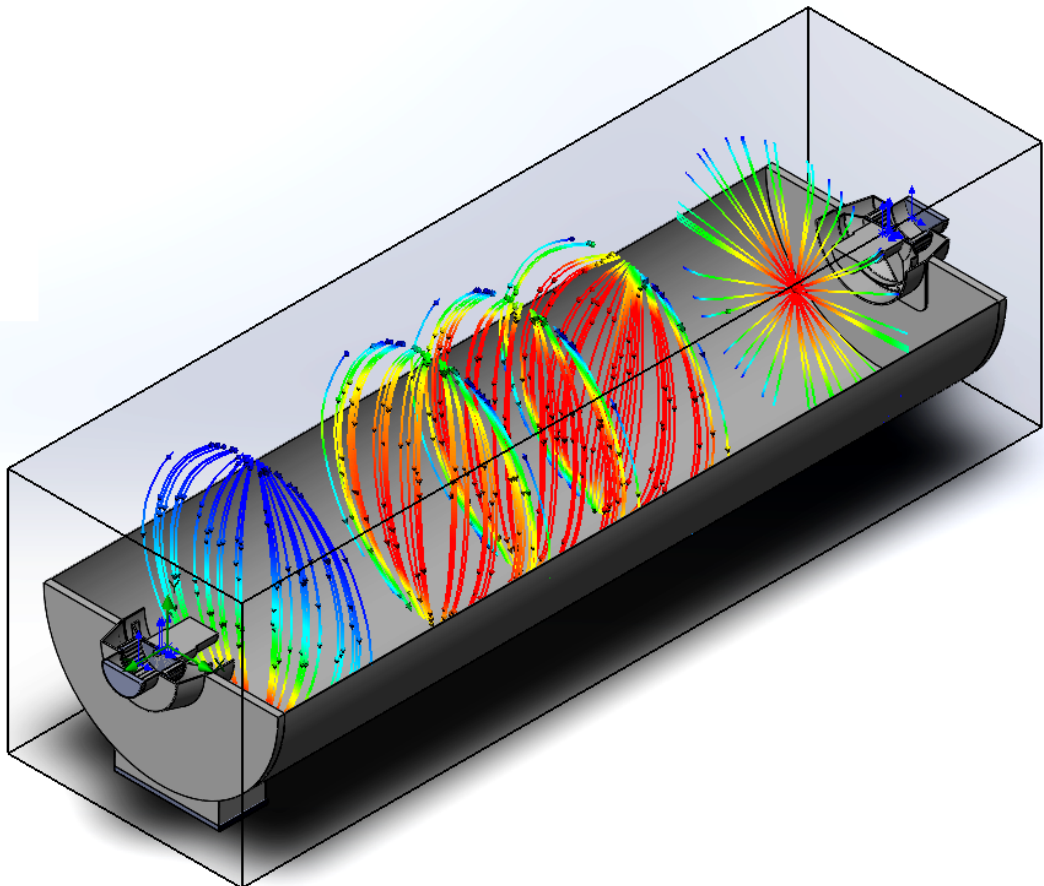
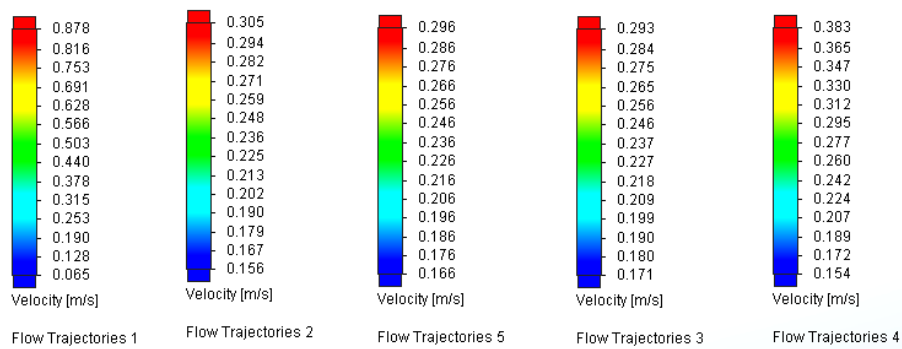


Рисунок 2.18 Визуализация результатов вычисления по траекториям воздушного потока в поперечных плоскостях

SolidWorks Flow Simulation. Для этого в программе КОМПАС-3D была спроектирована точная модель данной установки с учетом геометрических характеристик вентиляторов (рисунок 2.18).

Анализ полученных данных показывает, что заявленная закрутка воздушного потока подтверждается лишь отчасти. Характер движения воздушных потоков внутри установки непостоянный. В правой части установки имеется закручивание воздушного потока по оси вращения вентилятора. Диапазон скоростей внутри установки незначительный и составляет в абсолютных значениях от 0,15 до 0,88 м/с. Скорость воздушных потоков ближе к стенкам снижается, а в центре максимальна. Ближе к выходу скорость воздушного потока увеличивается. Также для проверки точности модели был произведен замер скорости воздушного потока на выходе. По экспериментальным данным средняя скорость воздушного потока составила 5,3 м/с, по расчетным данным 4,71 м/с, и разница между расчетными и экспериментальными данными составляет 11%.

Таким образом, моделирование движения воздуха с помощью программного комплекса SolidWorks Flow Simulation позволило более полно оценить характер движения воздушных потоков и определило пути совершенствования инкрустатора семенных культур [233].

Для обеспечения требуемого качества обработки семян необходима рециркуляционная система движения воздушного потока и изменение формы крайних частей инкрустатора, а также необходимо изменить предложенную ранее схему работы на двух противоположно расположенных вентиляторах [53].

2.4. Результаты моделирования технологических процессов применения технических средств предпосевной обработки

Результаты имитационного моделирования процесса протравливания клубней и разработанные нами математические выражения и предложения позволяют использовать следующие пути улучшения работы протравливателей:

- применение в конструкциях протравливателей в качестве распыливающих устройств погружных дисков, используемых одновременно и для забора жидкости;
- обеспечение дополнительного дробления капель до размеров мелкодисперсного аэрозоля за счет установления рассекателя;
- создание вентиляционной системы для рециркуляции аэрозоля;

- с помощью полученной имитационной модели процесса протравливания клубней возможно определение: влияния исходного состояния жидкости на процесс образования аэрозоля; параметров протравливателя клубней, способствующих образованию мелкокапельного аэрозоля; проведения исследования, направленных на выявление особенностей процесса протравливания клубней; нахождение формы поверхности рассекателя, обеспечивающего дополнительное дробление капель.

Результаты создания математической модели рабочего процесса предпосевной обработки семян барабанным протравливателем с нестационарным режимом движения представляет собой ряд уравнений в неявном виде, позволяющие определить:

- момент времени, когда начинается проскальзывание семени относительно поверхности барабана;
- момент времени отрыва семени от поверхности барабана и скорость проскальзывания семени относительно поверхности барабана;
- время, соответствующее попаданию семени на поверхность барабана.

Применение полученных уравнений позволило нам получить оптимальное значение радиуса кривошипа барабана, при котором семя в нестационарном режиме работы барабана производит максимальный по времени полет, а значит, имеет возможность наиболее полно покрываться обрабатываемым препаратом. Дальнейшее увеличение времени полета при увеличении радиуса кривошипа приводит к вибрации установки и доли поврежденных от удара семян.

Построенная математическая модель движения семени внутри эксцентрично закрепленного барабана протравливателя семян способствует более полному использованию рабочего объема барабана и качественному покрытию семян препаратами и подтверждает полученные результаты экспериментов, проведенных в лабораторных и производственных условиях.

Анализ полученных данных аэродинамической модели процесса предпосевной обработки семян барабанным инкрустатором позволяет более полно оценить характер движения воздушных потоков и определяет пути совершенствования инкрустатора семенных культур.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ И КОМПЛЕКС МАШИН ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

3.1. Технологические линии и комплекс машин по использованию пестицидов при протравливании клубней картофеля

Протравливание картофеля может производиться заблаговременно (1–1,5 месяца до посадки), непосредственно перед посадкой и в процессе посадки. Обработка клубней осуществляется вручную (в кучах высотой не более 0,5 м на специальных площадках с использованием препарата формалина) и с помощью различных технических средств [42,87]. Механизированное протравливание осуществляется и в России, и за рубежом, в основном двумя способами – окунанием и опрыскиванием [100,167,245,248]. При обработке окунанием («мокрое» протравливание) клубни транспортером подаются в ванну с обеззараживающей жидкостью и затем направляются в бункер-накопитель или в транспортное средство. Следует учесть, что описанный способ требует проведения обсушки клубней, по этой причине данная технология практически не применяется в производственных условиях.

Повсеместно наиболее широко используется способ обработки клубней методом опрыскивания.

При выборе способа обработки необходимо учесть, что ее можно проводить в стационарных условиях и одновременно с посадкой. Механизированное протравливание в стационарных условиях требует 0,2 чел.-ч./га, а при обработке непосредственно на сажалке в период посадки этот показатель значительно выше и составляет 7,53 чел.-ч./га [175]. Протравливание в стационарных условиях практически полностью исключает соприкосновение людей с протравленными клубнями, что отвечает требованиям санитарной гигиены и техники безопасности.

Норма расхода рабочей жидкости в зависимости от способа обработки составляет: 60–70 л/т–при обработке на картофелесажалках [69]; 30 л/т–вручную в кучах [29]; 15–20 л/т–с использованием различных устройств для протравливания, включенных в технологическую линию на картофелесортировальных пунктах [42,114,242]; 2–3 л/т–с использованием серийного протравливателя «Гуматокс-С» (ВНР) [243], распыливающих устройств на выходном

конце стрелы транспортера ТЗК-30 непосредственно в момент загрузки клубней в транспортное средство [119]; 0,06-0,24 л/т–при использовании распыливающих устройств, осуществляющих дисперсное протравливание [114].

На рисунке 3.1 представлены сложившиеся технологические схемы протравливания клубней картофеля, учитывающие вышеизложенные факторы.

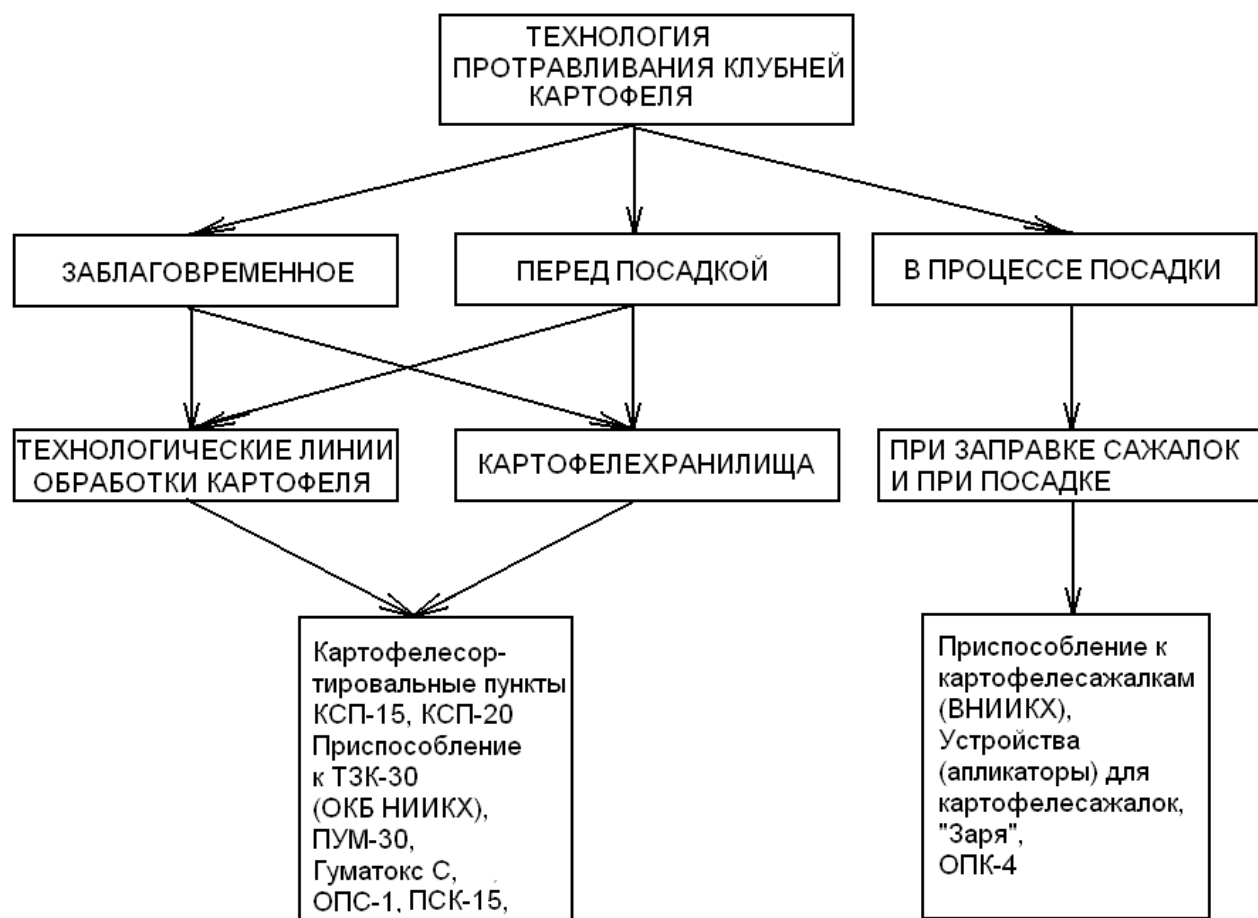


Рисунок 3.1 Основные технологические схемы и машины для протравливания клубней картофеля

Наиболее распространенными технологиями протравливания являются протравливание клубней перед посадкой передвижными машинами ПУ-30, Гуматокс С, ПСК-15, ОПС-1 и непосредственно в процессе посадки с помощью различных аппликаторов или машины ОПК-4.

Подготовка семян по интенсивной технологии проводится на стационарных картофелесортировальных пунктах с обязательным протравливанием клубней. Примерами данных пунктов могут послужить КСП-25 и КСП-50 с производительность 25 и 50 т/ч

соответственно. На картофелесортировальных пунктах такого типа отделение для обработки семенного материала пестицидами и др. препаратами производится в отдельном изолированном помещении и имеет самостоятельное управление с мест. Обработку жидкими пестицидами производят в машинах Гумотокс С. Данная машина может работать в комплексе с пунктом КСП-15Б, системой транспортёров СТХ-30, загрузчиком ТЗК-30 и переборочным столом.

Следует отметить, что по данным источника [188] в хозяйствах, где отсутствует или вышла из строя машина для протравливания семенного картофеля на картофелесортировальные пункты устанавливают самостоятельные протравливатели.

Протравливатель семенного картофеля ОПС-1 устанавливается на транспортёр-загрузчик ТЗК-30А и применяется совместно с протравителем семян ПС-10А. Протравитель ОПС-1 состоит из камеры протравливания, размещенной на окончании рамы выгрузного транспортёра ТЗК-30А, гибких рукавов, соединяющих бак протравливателя с камерой протравливания ОПС-1. В камере протравливания имеются распылитель и валики с резиновыми звёздочками, имеющих привод от электродвигателя. Рабочая жидкость, попадающая на стенки камеры, собирается и сливается по шлангам в бак протравливания семян.

Протравливатель семенного картофеля ПСК-15. Протравливатель ПСК-20 передвижной, состоит в сборе из камеры протравливания и станции для обеспечения процесса протравливания, которая смонтирована на прицепном одноосном прицепе. Камера протравливания монтируется на конце выгрузного транспортёра-загрузчика ТЗК-30А. Внутри камеры расположен наклонный ленточный транспортёр и распыливающее устройство рабочей жидкости. Станция обеспечения процесса протравливания состоит из бака-смесителя с устройством для дозирования и контроля расхода рабочей жидкости, насосной установки, насоса для заполнения бака водой. Коммуникации для подачи рабочей жидкости в камеру протравливания, систем очистки загрязненного воздуха и промывки гидрокommunikаций. Клубни загружаются в приемный бункер ТЗК-30А, а из него подъемным и выгрузным транспортерами поступают в камеру протравливания. За счет движения ленты транспортёра в сторону, противоположную направлению клубней, последние, вращаясь и проходя через зону факела распыленной жидкости, обрабатываются. Рабочая жидкость, оставленная на ленте, снимается щеткой и подается обратно на клубни.

Мы рекомендуем использовать также разработанные нами протравливатели клубней картофеля, хорошо зарекомендовавшие себя при работе в условиях хозяйств [7,207].

Эффективное функционирование перечисленных технологий возможно только при существенной доработке рабочих органов и технологических схем машин, их реализующих.

3.2. Технологические линии и комплекс машин по использованию пестицидов и биопрепаратов при протравливании и инкрустации семян

На рисунке 3.2 представлены сложившиеся технологические схемы протравливания и инкрустации семян зерновых культур [47,146,152,239].

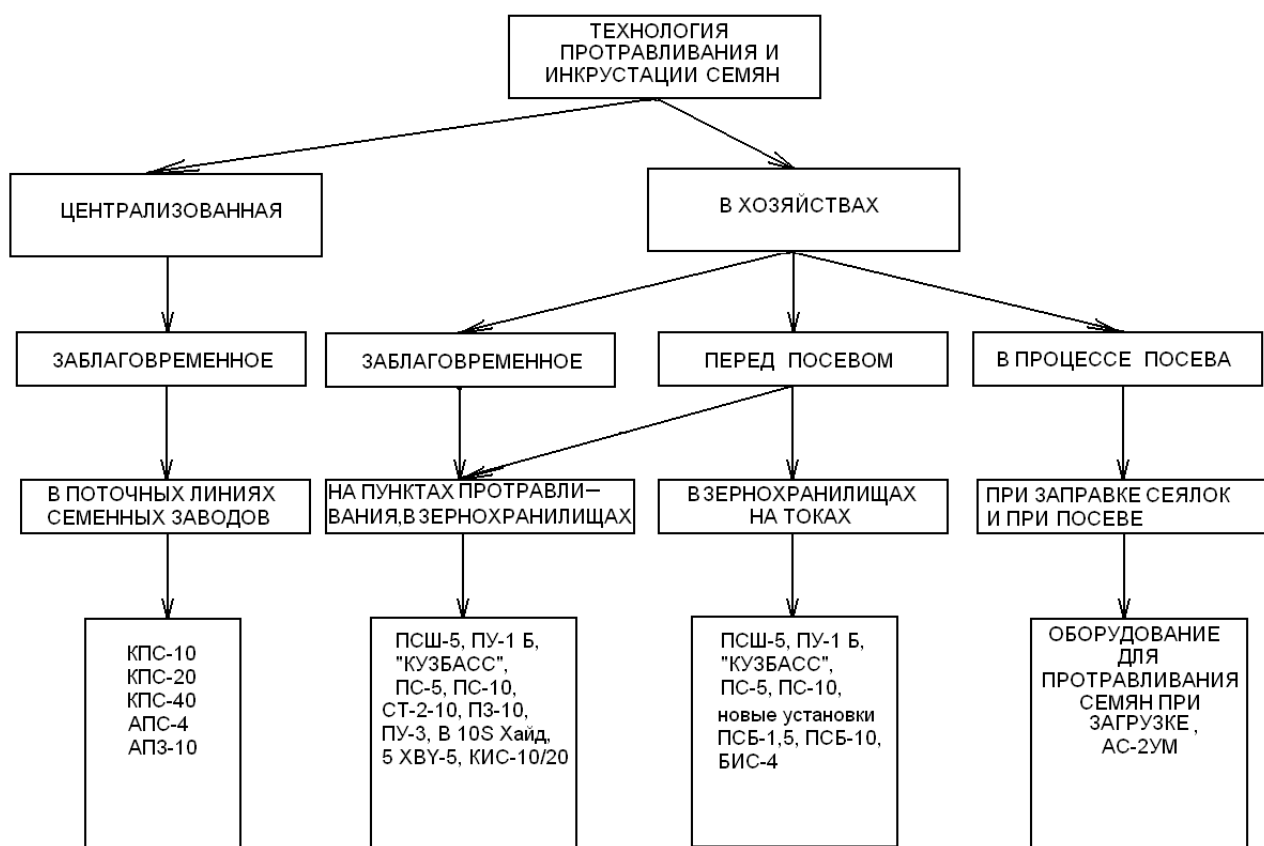


Рисунок 3.2 Основные технологические схемы и машины для протравливания и инкрустации семян

Наиболее распространенными технологиями протравливания являются протравливание семян на току или в зернохранилищах передвижными машинами ПС-10, ПСШ-5. Особенно это характерно для хозяйств с посевной площадью 200–3000 га.

При заблаговременной обработке семена необходимо довести до влажности на 1% ниже кондиционной, чтобы при хранении до высева не произошло их самосогревания из-за повышения увлажнения в результате обработки.

Наиболее эффективным, позволяющим рационально использовать машины, качественно обрабатывать семена и создавать нормальные санитарно-гигиенические условия для работы оператора и обслуживающего персонала является протравливание семян в стационарных условиях. Для этих целей научно-исследовательскими и проектными организациями разработаны типовые проекты зернохранилищ и складских помещений готовой продукции с отделениями протравливания, затаривания, технологией хранения и выгрузки с подачей протравленных семян в заправщики сеялок [47].

На рисунке 3.3 представлен пункт протравливания семян, выполненный по проекту ТП 812-1-43.83 института ЦИТЭПсельхоззерно [82].

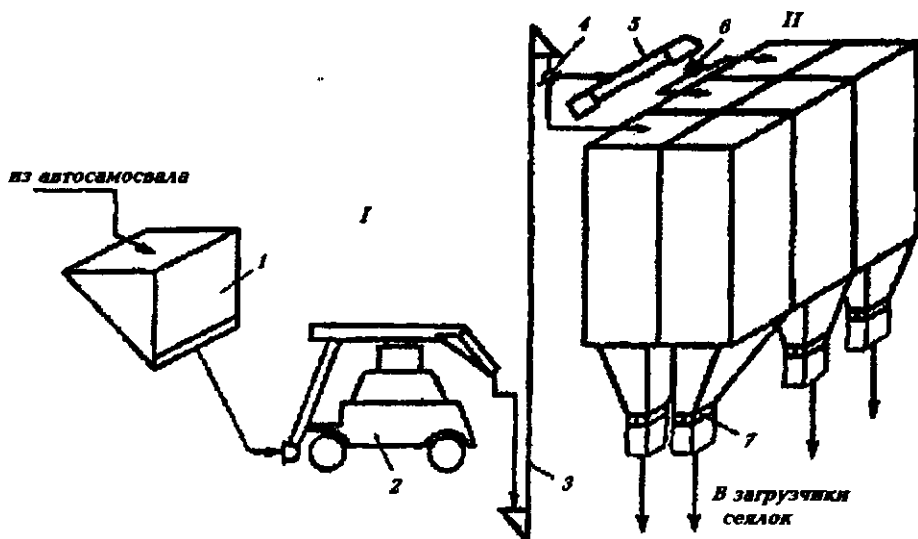


Рисунок 3.3 Технологическая схема стационарного пункта протравливания семян

I – отделение приема и протравливания семян; II – отделение временного хранения семян; 1 – приемный бункер вместимостью 5 т; 2 – протравливатель семян ПС-10; 3 – нория; 4, 6 – электрические клапаны; 5 – транспортер ТБ-30; 7 – ручная задвижка

По аналогичной схеме функционируют технологические комплексы протравливания семян зерновых культур, представленные на рисунке 3.4.

Технология обработки семян протравителями непосредственно при высеве была предложена немецкими исследователями сеялок [247].

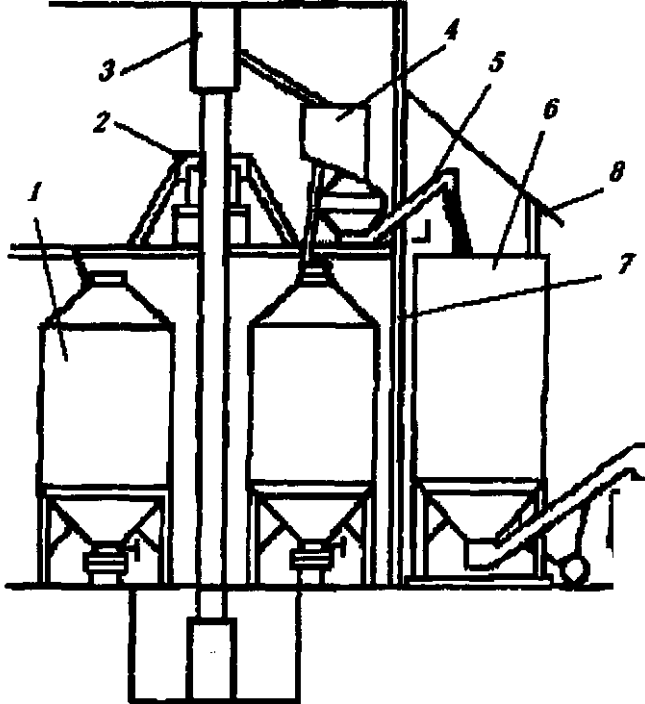


Рисунок 3.4 Схема зернообрабатывающего комплекса с участком протравливания и хранения протравленных семян
 1 – бункер; 2 – ленточный транспортер; 3 – нория; 4 – протравливатель «Мобитокс С»; 5 – гибкий зернопровод; 6 – бункер для протравленных семян; 7 – хранилище; 8 – навес; 9 – автозагрузчик сеялок

На рисунке 3.5 изображена схема устройства к зерновой сеялке для протравливания семян, разработанная Кемеровским СХИ [153].

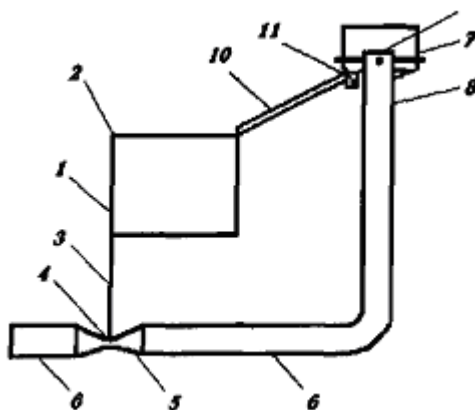


Рисунок 3.5 Устройство к зерновой сеялке для протравливания семян

Устройство монтируют на сеялке. При работе протравитель из бака 1 по патрубку 3 поступает в смеситель 5, где распыляется наконечником 4 и смешивается с семенами, перемещающимися по семяпроводу 6. Падение давления в баке 1 компенсируется клапаном 2. Далее семена в распределительной головке, ударяясь о сетку 9,

распределяются по сошникам, а излишки химических препаратов скапливаются в сборнике, откуда при срабатывании клапана 11 возвращаются в бак для дальнейшего применения.

В настоящее время вышеперечисленные технологии применяют в хозяйствах. Однако наибольшее применение находит технология протравливания с увлажнением передвижными машинами типа ПС-10А. К недостатку такой технологии следует отнести низкий коэффициент использования сменного времени, значительную часть которого (до 30% и более) затрачивают на заправку баков водой и препаратами, а также приготовление в них рабочей жидкости. А если к тому же учесть рекомендации ВНИИ фитопатологии по улучшению качества протравливания за счет уменьшения производительности машин на 40-50% от номинальной, то при существующей крайне низкой обеспеченности хозяйств протравливателями проблема с подготовкой семян резко обостряется.

Этим требованиям в высшей степени удовлетворяет агрегат КПС-10 (Кропоткинский завод Краснодарского края, разработчик «Львовагромашпроект»). Однако его применение соответствует технологии централизованного протравливания на стационарном комплексе. К тому же ему присуща повышенная материало-энергоёмкость [47].

В настоящее время во всем мире в сельском хозяйстве наметилась тенденция по сокращению использования химических препаратов и наращиванию темпов производства и применения биопрепаратов. По прогнозам специалистов в ближайшие 10 лет рост производства биопрепаратов во всем мире составит 10–15% в год и в ближайшие 5–7 лет они на 30–50% вытеснят пестициды с мирового рынка.

Биопрепараты находят практическое применение при возделывании зерновых и зернобобовых, овощных, кукурузы, подсолнечника, сахарной свеклы, картофеля, плодово-ягодных культур и др. В зависимости от назначения их используют в качестве биофунгицидов, инсектицидов, гербицидов, регуляторов роста растений. Их действия: защищают растения от болезней, передающихся аэрогенно, через семена и почву; увеличивают всхожесть и энергию прорастания семян, стимулируют рост и развитие растений, улучшают минеральное и водное питание; активизируют жизнедеятельность полезной микрофлоры в ризосфере почвы; повышают засухоустойчивость растений; снижают отрицательное воздействие пестицидов.

Биопрепараты производят на специальных предприятиях, в том числе связанных с фармацевтической промышленностью, на биофабриках в количествах, позволяющих использовать их в течение срока, определяемого в соответствии с физико-химическими и биологическими свойствами – от нескольких суток до двух лет. Препаративная форма и упаковка аналогична с пестицидами. Доставляют к складским помещениям потребителей, как и пестициды, в закрытых автомашинах. Рабочую жидкость или баковые смеси готовят в резервуарах стационарных или мобильных агрегатов или непосредственно в баках опрыскивателей, протравливателей, предварительно сделав расчет на норму расхода самого препарата и рабочей жидкости л(кг)/га(т)

Технологическая схема производства и использования биопрепаратов представлена на рисунке 3.6.

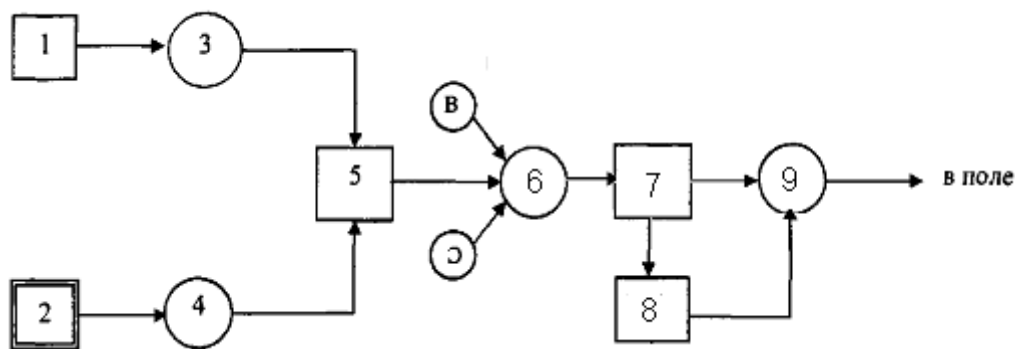


Рисунок 3.6 Технологическая схема производства и использования биопрепаратов и их смесей с пестицидами

1 – завод по производству биопрепаратов; 2 – завод по производству хим. препаратов; 3, 4 – транспортировка биопрепаратов и хим.препаратов; 5 – складирование и хранение; 6 – протравливание семян; 7 – хранение; 8 – транспортировка протравленных семян; В – вода; С – семена

Результаты обобщения опыта работы агрохимического обслуживания с.х. товаропроизводителей показывают, что в большинстве хозяйств часть звеньев технологической цепочки, представленной на рисунке 3.6, реализуется с большими отклонениями. Так, хранение препаратов осуществляется в непригодных помещениях, при загрузке машин используется ручной труд с отклонениями в точности дозирования и качества перемешивания, нарушается процесс качественного распыления рабочей жидкости протравливания [47].

Таким образом, эффективное функционирование перечисленных технологий возможно только при существенной доработке и совершенствовании технологических схем машин, их реализующих.

3.3 Экологичность и охрана труда при организации процессов предпосевной обработки семенного материала

Обработка семян пестицидами может производиться как централизованно на крупных предприятиях, так и в хозяйствах.

Централизованное протравливание семян осуществляется на семенных заводах и пунктах, устройство и эксплуатация которых должны соответствовать действующим гигиеническим требованиям. Располагаться они должны на расстоянии не менее 500 м от жилой застройки (участков земли занятых городами и населенными пунктами городского типа) и источников водоснабжения населения. Процесс протравливания семян должен быть полностью механизирован. Помещения для протравливания, упаковки и хранения обработанных семян оборудуются вентиляцией. Не допускается размещение производств (пунктов) по протравливанию семян в 1 и 2 зонах округов санитарной охраны курортов, на территории природоохранных заповедников, заказников, в зонах охраны источников водоснабжения, а также в санитарных зонах рыбохозяйственных водоемов.

Децентрализованное протравливание семян осуществляется в хозяйствах на открытом воздухе или в специальных помещениях (пункты протравливания). Протравливанию подлежат семена, доведенные до посевных кондиций. Протравливание семян путем ручного перелопачивания и перемешивания категорически запрещается. Пункты протравливания семян в хозяйствах, функционирующие до одного месяца располагаются на расстоянии не менее 300 м от жилой зоны, предприятий, помещений для содержания скота и птицы, источников водоснабжения.

Площадку для протравливания семян следует располагать на участках с уровнем стояния грунтовых вод не менее 1,5 м. Площадка должна иметь уклон для отвода ливневых вод, навес, твердое покрытие. Территория изолированных пунктов должна быть озеленена и ограждена.

В помещениях для протравливания семян необходимо предусмотреть облицовку стен глазурованной плиткой, покрытие потолка масляной краской, устройство цементированных или выложенных плиткой полов, склоны для стока воды. Выгрузка протравленных семян должна производиться в плотные, непроницаемые для пестицидов мешки, которые зашиваются механизированным способом. На мешках должна быть четкая

информация: «Протравлено». Не допускается пересыпка расфасованных протравленных семян в другую тару.

Для хранения протравленных семян должны быть предусмотрены специальные помещения.

При хранении, транспортировке и севе протравленных семян необходимо соблюдать такие же предосторожности как и при работе с пестицидами. Остаток протравленных семян хранится в изолированном помещении до следующего года с соблюдением правил безопасности. Не допускается хранение протравленных семян насыпью на полу и площадках, а также совместно с продовольственным и фуражным зерном. Не допускается смешивать протравленные семена с непротравленными. Использовать для пищевых целей, а также на корм скоту. Перевозить протравленные семена к месту сева разрешается только в мешках из плотной ткани или автопогрузчиками сеялок. При посеве крышка семенного ящика должна быть плотно закрыта. Выравнивание уровня семян в сеялке следует выполнять деревянными лопатами.

Перед началом сезона работ все машины, аппаратура и оборудование должны быть проверены на их готовность и полностью отремонтированы. На машинах должны быть краткие надписи, предупреждающие об опасности работы без средств индивидуальной защиты. Машины должны быть оборудованы бачком вместимостью не менее 5 л для мытья рук обслуживающего персонала. При незначительных поломках машины во время работы ее необходимо остановить и провести ремонтные работы в средствах индивидуальной защиты; при серьезных поломках машину освобождают от препаратов, обезвреживают и доставляют на пункт ремонта. После ремонта проверка проводится на рабочих режимах.

При работе с машинами не допускается:

- во время работы механизмов проводить подтяжку болтов, сальников, уплотнителей, хомутов, магистралей, цепей и т.п.;
- открывать крышки и люки бункеров и резервуаров, находящихся под давлением, вскрывать нагнетательные клапаны насосов, предохранительные и редукционные клапаны, прочищать наконечники и брандспойты, вывинчивать манометры.

Движущиеся и вращающиеся части машин должны быть ограждены согласно единым требованиям к конструкции тракторов и сельхозмашин по безопасности и гигиене труда. Заправку машин необходимо производить только при полной их остановке [169].

К самостоятельной работе допускаются лица, прошедшие инструктажи (вводный и первичный на рабочем месте), ознакомившиеся с особенностями и приемами безопасного выполнения работы и прошедшие стажировку в течение 2 - 14 смен под руководством бригадира или опытного наставника. К работам с пестицидами и агрохимикатами допускаются лица не моложе 21 года (для лиц мужского пола), женщины - не моложе 35 лет, прошедшие медицинский осмотр, производственное обучение. Работайте в средствах индивидуальной защиты: в костюме, фартуке (ГОСТ 12.4.029-76), сапогах резиновых, респираторе "Лепесток" (ГОСТ 12.4.028-76), "Кама" (ТУ 6.16-2513), "Снежок-К-М" (ТУ 84-837), У-2К (ТУ 7-16-2267), РУ-60М (ГОСТ 17269), очках закрытых с непрямой вентиляцией (ГОСТ 12.4.013-97), а также в соответствии с рекомендациями конкретного вида препарата.

Во время работы запрещается принимать пищу, пить, курить, снимать средства индивидуальной защиты. Протравливание семян путем ручного перелопачивания и перемещения запрещается. Заправку сеялок протравленными семенами и минеральными удобрениями необходимо осуществлять в средствах индивидуальной защиты, располагаясь с наветренной стороны. Разравнивать семена в ящиках специально предназначенной лопаткой.

При заправке сеялок автозаправщиком семян, удобрений нельзя находиться под выгрузным устройством и в радиусе его действия. Необходимо располагаться с наветренной стороны от автозаправщика на расстоянии не менее 5 м.

Выгрузка протравленных семян должна производиться в плотно пригнанные к выгрузным устройствам мешки из прочных, непроницаемых для пестицидов материалов. Мешки с семенами должны зашиваться механизированным способом. На мешках должна быть четкая информация – «Протравлено».

В случае отсутствия возможности упаковки семян в специальную тару в протравочных пунктах (на площадках) хозяйств протравленные семена должны загружаться непосредственно в загрузчики сеялок. Не допускается пересыпка расфасованных протравленных семян в другую тару.

При протравливании семян внутри закрытых помещений нужно включать вентиляционные и аспирационные установки. Работы при отключенных вентиляционных и аспирационных установках, а также при их отсутствии запрещаются [97].

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА ТЕХНИЧЕСКИМИ УСТРОЙСТВАМИ

4.1. Взятие проб размеров частиц аэрозоля для определения их физико-механических свойств

Методика определения физико-механических свойств аэрозолей базируется на необходимости определения универсального метода, позволяющего получить данные в лабораторных и в производственных условиях, а также возможности количественной оценки свойств аэрозолей при предпосевной обработке и наконец, требованием сравнимости результатов опыта с теоретическими разработками и на этой основе заключения о возможности применения теоретических выводов о процессе предпосевной обработки семян и клубней [212].

Физико-механические свойства аэрозолей в значительной мере определяются размером их частиц: скорость падения (сегментации) частиц; степень инерционного осаждения их на обтекаемых препятствиях (коэффициент захвата); скорость испарения; поведение частиц при соприкосновениях и соударениях с другими частицами и поверхностями прочих тел. Поэтому основная задача теории и практики аэрозольных процессов в сельском хозяйстве – создание оптимального размера частиц аэрозоля при тех или иных условиях и обеспечение заданной степени покрытия [16].

Исследования аэрозолей начинается с забора пробы, в дальнейшем определяют размеры большого количества индивидуальных частиц при помощи различных аппаратных средств с последующей статистической обработкой. Применяемый метод отбора пробы должен быть одинаково эффективным во всем диапазоне размеров частиц исследуемого аэрозоля.

Согласно требованиям ОСТ 70.6.1.-81 «Испытание сельскохозяйственной техники. Опрыскиватели, опыливатели, машины для приготовления и транспортировки рабочей жидкости» отбор пробы рабочей жидкости (суспензия мела в воде) осуществляется на черную бумагу, размер капель определяется их непосредственным замером. Коэффициент покрытия определяется путем подсчета размеров капель посредством увеличительного стекла и накладки прозрачной миллиметровой сетки на бумагу. При каждом

подсчете берется площадь не менее 4 см² на трех участках листа. Коэффициент покрытия осуществляется следующим образом:

$$K = \frac{F_n}{F_0}, \quad (4.1)$$

где F_n - площадь, покрытая жидкостью, м²;
 F_0 -общая площадь просмотра, м².

Известен иммерсионный метод забора пробы, заключающийся в улавливании капель распыленной жидкости в специальную иммерсионную жидкость, налитую в отборники с прозрачным дном (чашки Петри). В качестве иммерсионной среды для капель воды размером более 100 мкм служит слой касторового масла, покрытый сверху слоем керосина, а для капель воды размером менее 100 мкм- слоем смеси технического вазелина с насыщенным водой веретенным маслом (1:3), сверху также покрытый тонким слоем керосина [104]. При этом капли сохраняют сферическую форму и не испаряются. В дальнейшем отборники устанавливают на матовое стекло и фотографируют на просвет. Отснятые фотопленки проявляются и обрабатываются диапроектором, на экране которого производится расчет диаметров капель. Недостатком названного метода является чрезвычайная трудоемкость при определении размеров полученных частиц в каждой пробе и возможность их проведения только в лабораторных условиях [189].

Забор пробы в полевых условиях проводилось В.Ф. Дунским, Н.В. Никитиным, М.С. Соколовым [75]. Они использовали лабораторные предметные стекла с нанесенным на их поверхность составом, обеспечивающим постоянство краевого угла у осевших капель. В этом случае капли имеют правильную форму линз, и коэффициент растекания K (отношение диаметра линзы к диаметру сферической капли) остается постоянным для капель различных размеров. В качестве такого состава использовали 10 %-й силикон (технический диметилдихлорсилан $(CH_3)_2 SiCl_2$) в бензоле или петролейном эфире. В связи с тем, что при отборе проб аэрозоля на предметные стекла испарение капель может исказить их истинный размер, к раствору распыляемого препарата добавляли краску: генцианвиолет или фуксин в количестве до 0,1 % к раствору. При этом цветной след от капли после ее испарения соответствует истинному диаметру аэрозольной частицы.

Для определения размеров осевших капель или их следов использовали оптические микроскопы БИОЛАМ с последующей статистической обработкой результатов замеров.

Проведенный анализ показывает, что при получении пробы аэрозоля для последующей статистической обработки наиболее удобен последний метод, так как позволяет проводить сравнительные исследования аэрозоля как в лабораторных, так и в полевых условиях. Данный метод использовался нами при взятии проб аэрозолей различных конструкций технических средств для предпосевной обработки.

Обмер и счет осевших капель или их следов проводился при помощи визуально-измерительного комплекса, включающего в себя микроскоп биологический исследовательский универсальный (МБИ-15), цифровой фотоаппарат OLYMPUS C1400L и ЭВМ. Микроскоп МБИ-15 предназначается для визуального наблюдения и фотографирования объектов в проходящем и падающем свете [135,210]. Для фотографирования исследуемых объектов, вместо встроенного в микроскоп фотозатвора, работающего от руки (при фотографировании на пластинку) был установлен цифровой фотоаппарат OLYMPUS C1400L, имеющий связь через шнур-шлейф с ЭВМ. Данный комплекс позволил автоматически получить изображения капель или их следов с 16-и кратным увеличением в цифровом виде в формате TIFF, которые далее записывались на флэш- карту фотоаппарата OLYMPUS C1400L и переписывались на жесткий диск ЭВМ для дальнейшей обработки. Он удобен в связи с малой трудоемкостью, быстротой и надежностью измерений.

4.2. Определение качества работы ионизирующей и СВЧ установок

Одно из перспективных направлений предпосевной обработки семян – обработка их озоном. Озонированный воздух - это воздух, прошедший через электрический разряд и насыщенный ионами O_3 (озон), обладающий обеззараживающим, стимулирующим и влагопоглощающим воздействием на зерновку. Озон обладает выраженными бактерицидными и фунгицидными свойствами. Применением озонированного воздуха в сельскохозяйственном производстве при обеззараживании зерна занимались Бородин И.Ф. [31] и другие исследователи. В наших исследованиях был применен один из альтернативных, относительно новых способов

электросинтеза озона - получение его в коронном разряде. Данный способ имеет ряд преимуществ: возможность получения озона из атмосферного воздуха; большая величина межэлектродных промежутков, что позволяет применять в качестве нагнетателя общедоступные устройства, например, осевые вентиляторы, имеющие высокую производительность при небольших габаритах и малом энергопотреблении; простота конструктивных решений и несложность управления, что дает возможность без существенных затрат встраивать озонаторы в существующее технологическое оборудование.

Озонирование приводит к увеличению энергии прорастания в семенах, то есть выступает в качестве стимулирования роста растений, но озон является и протравителем семян, так как обладает высоким бактерицидным и микоцидным свойством, при его обработке происходит обеззараживание семян, в том числе и от фитопатогенов.

Полученные нами результаты показали, что всхожесть семян существенно не снижается даже при режиме обработки 35 КВ, что подтверждает литературные данные о стимулирующих рост свойствах озона. При всех режимах обработки мы наблюдали увеличение линейных размеров проростков. Особенно действие озона отразилось на увеличении длин главных корней ячменя (до 40 %) при применении режимов 15, 20 КВ. Ионная обработка также положительно сказалась и на распространенности зараженности исследуемых грибов на семенах ячменя. Наиболее оптимальный режим для снижения роста грибов - 25 кВ при инкубации семян после обработки не более 2 часов. Он позволяет снизить зараженность семян с 18 % до 3 %. При увеличении времени инкубации семян до 4 часов мы наблюдали снижение роста грибов, но уже в меньшей степени, а до 6 часов – количество фузариевых грибов приближалось к контролю и достигало 15 %. Поэтому на практике мы рекомендуем производить посев злаковых культур сразу после данной обработки.

Наряду с электронно-ионной технологией определенный интерес представляет обеззараживание посевного материала токами СВЧ. В нашей стране широко известны работы И.Ф.Бородина, А.Д.Горина и других ученых по изучению и применению СВЧ-обработки семян [32]. Показано, что наряду с экологической безопасностью они имеют такие преимущества, как снижение

энергоёмкости, высокая степень обеззараживания посевного материала, стимулирующий предпосевной эффект, минимальная повреждаемость семян.

Нами проводились опыты с использованием семян яровой мягкой пшеницы Тулайковская, с влажностью 16–18 %, массой 1000 зерен 40 г, всхожестью 98 % [221-222,224-225]. Для обработки семян применяли сверхвысокочастотную установку (СВЧ) Samsung M-1736 №R-x с максимальной мощностью в камере 1200 Вт. Частота излучения составляла 2450 МГц. Время экспозиции мощностью 90, 300, 450, 630, 900, 1200 Вт. посевного материала составляла 10–60 с через каждые 10 с.

Для определения посевных качеств семена, после СВЧ-обработки их выдерживали 3 дня при комнатной температуре, затем проращивали в соответствии с ГОСТ 12038-84. Эффект воздействия СВЧ-поля оценивали по лабораторной всхожести семян и размерам проростков.

Для определения влияния СВЧ-обработки на выживаемость фитопатогенных грибов на образцы семян наносили полусухим методом суспензии спор *Fusarium sporotrichioides* и *Bipolaris sorokinian*. Все этапы работы проводились в стерильных условиях в ламинарном боксе. Количество инфекционного инокулюма определяли методом десятикратного титрования на картофельно-сахарозном агаре в чашках Петри. При этом анализировали как внутрисеменную инфекцию (зараженность), так и поверхностную (число спор (колоний), проросших после их искусственного нанесения на семена и СВЧ-обработки).

Опыты по каждому режиму облучения закладывались в четырехкратной повторности. В качестве контроля были взяты необлученные, незараженные семена (контроль 1) и необлученные, зараженные семена (контроль 2).

Впоследствии нами проводились опыты с использованием семян ячменя сорта Челябинская 99 репродукции 2009 г., с влажностью 16-18 %, массой 1000 зерен 40 г. с подверганием образцов исследуемых семян 2-м видам обработки: ионная обработка с применением озона и обработка токами СВЧ. Озонирование проводили на лабораторной установке, разработанной кафедрой электроснабжения и применения электрической энергии в сельском хозяйстве Башкирского ГАУ. Для СВЧ-обработки семян применяли сверхвысокочастотную установку Samsung M-1736 №R-x с

максимальной мощностью в камере 1200 Вт. Частота излучения составляла 2450 МГц. Время экспозиции мощностью 90, 300, 450, 630, 900, 1200 Вт. посевного материала составляла 10–60 с. через каждые 10 с.

Для определения посевных качеств: всхожесть, линейные размеры проростков, семена, после обработок проращивали в соответствии с ГОСТ 12038-66: эффект воздействия оценивали по лабораторной всхожести семян и размерам проростков. Опыты проводили в кюветах, субстратом в которых служила фильтровальная бумага, смоченная дистиллированной водой. Семена раскладывали по 30 штук бороздкой вниз, плотно закрывали кюветы и оставляли на 3 дня в темном месте при комнатной температуре. По истечению срока определяли всхожесть семян, а также измеряли длину главного корня и длину побега. Опыты проводили в трех биологических повторах.

Для выявления фунгистатического (микоцидного) эффекта применяемых нами физических методов обеззараживания семян мы проводили фитоэкспертизу семян, выявляя тем самым зараженность фузариозом семян каждого образца.

Семена ячменя сорта Челябинская 99 репродукции 2009 г. как наиболее зараженные (по результатам предыдущих исследований) данными грибами были использованы нами в ходе экспериментов. Для отслеживания процесса потери микоцидных свойств озона по истечению времени мы инкубировали семена после обработки в течение 2, 4 и 6 часов, а затем проводили опыты на зараженность. После обработки данных образцов семян озоном и токами СВЧ их фитоэкспертизу проводили по методике Tempre(1961г).

Семена промывали проточной водой в течение 1,5 часа. Затем дезинфицировали раствором 1% Ag NO_3 при экспозиции 1 минуты. Затем промывали четырехкратно в стерильной дистиллированной воде и высушивали между слоями стерильной фильтровальной бумаги. Семена раскладывали в чашки Петри на среду картофельно-сахарозного агара (КСА) – среда, специализированная для роста и развития грибов данного рода. Состав среды (на 1 литр дистиллированной воды): 200 г картофеля белого, 20 г агара микробиологического и 20 г сахарозы. Среда стерилизуется в автоклаве в течение 20 минут давлением 2,2 атм. Перед разливом в чашки среду остужали до $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и добавляли стрептомицин

(антибиотик для предотвращения роста бактерий). Семена раскладывали пинцетом на среду по 10 штук в чашку.

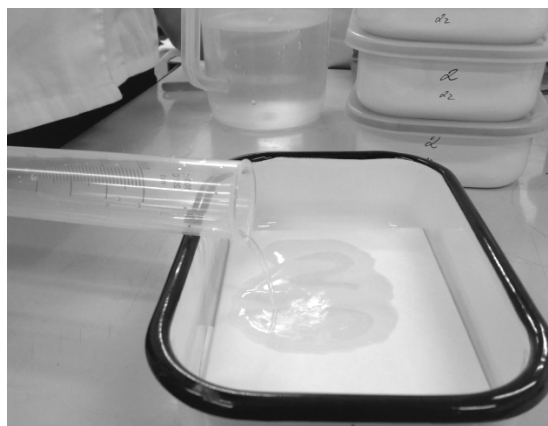


Рисунок 4.1 Раскладывание семян в лабораторные кюветы

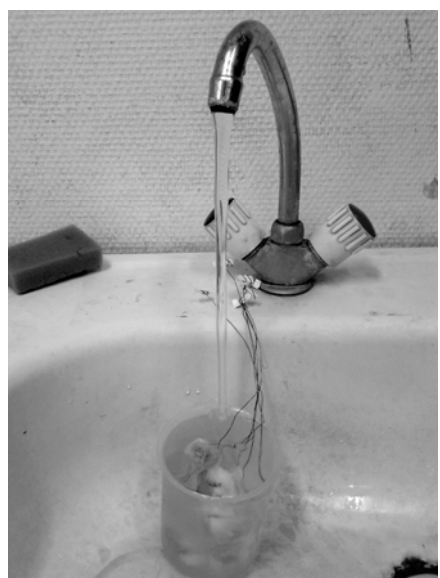
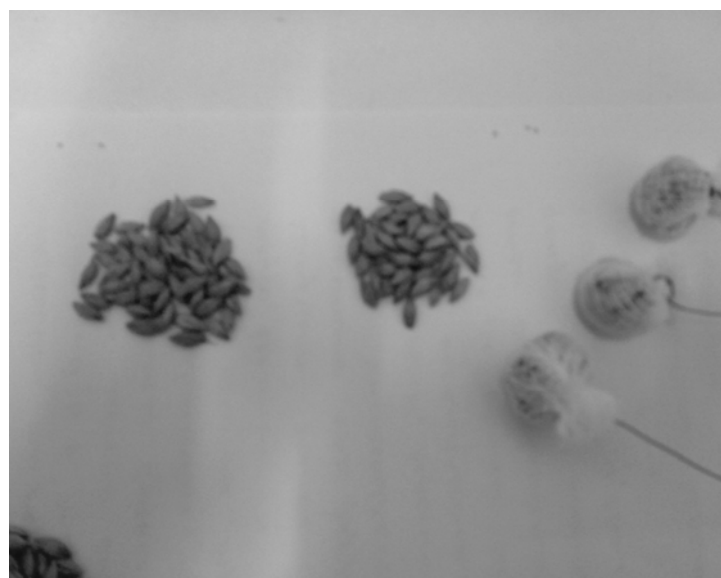


Рисунок 4.2 Подготовка семян к стерилизации



Рисунок 4.3 Раскладывание стерильных семян в чашки со средой

Все операции требующие стерильность проводились в стерильном ламинарном боксе. После этого чашки помещали в термостат и выдерживали в течение 4-5 дней при $t=24^{\circ}\text{C}$ (температура оптимальная для роста и жизнедеятельности грибов). После чего каждый день проводили визуальный осмотр чашек и подсчитывали количество выросших колоний грибов рода *Fusarium*.



Рисунок 4.4 Инкубирование чашек в термостате

Полученные данные стимуляции роста проростков семян яровой мягкой пшеницы Тулайковская говорят о том (таблица 4.1), что микроволновое поле заметно влияет на всхожесть семян. Анализ полученных данных (рисунок 4.5) свидетельствует о том, что стимулирующий эффект отмечался в вариантах с экспозицией 10–20 с и мощности 90,300,630,450,900 Вт.

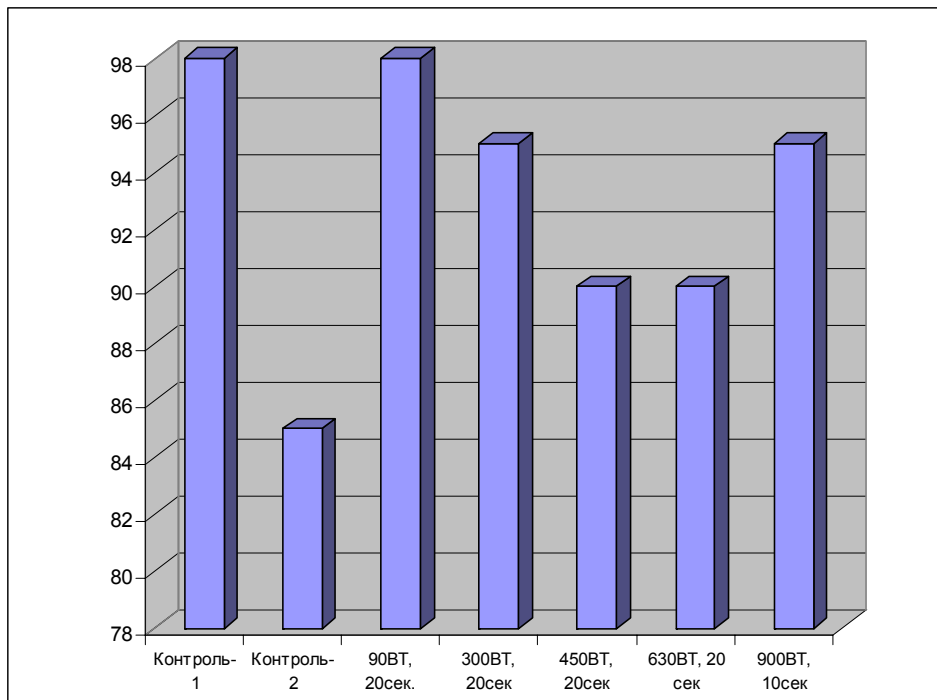


Рисунок 4.5 Влияние выбранных режимов СВЧ-облучения на всхожесть семян

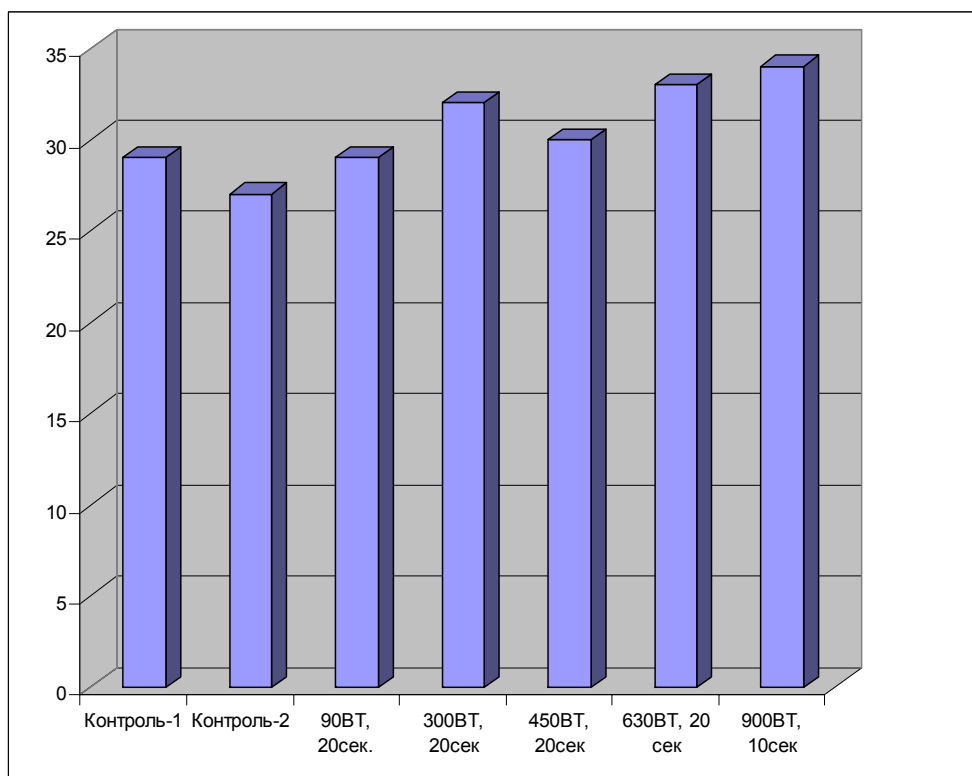


Рисунок 4.6 Влияние выбранных режимов на рост корней пшеницы

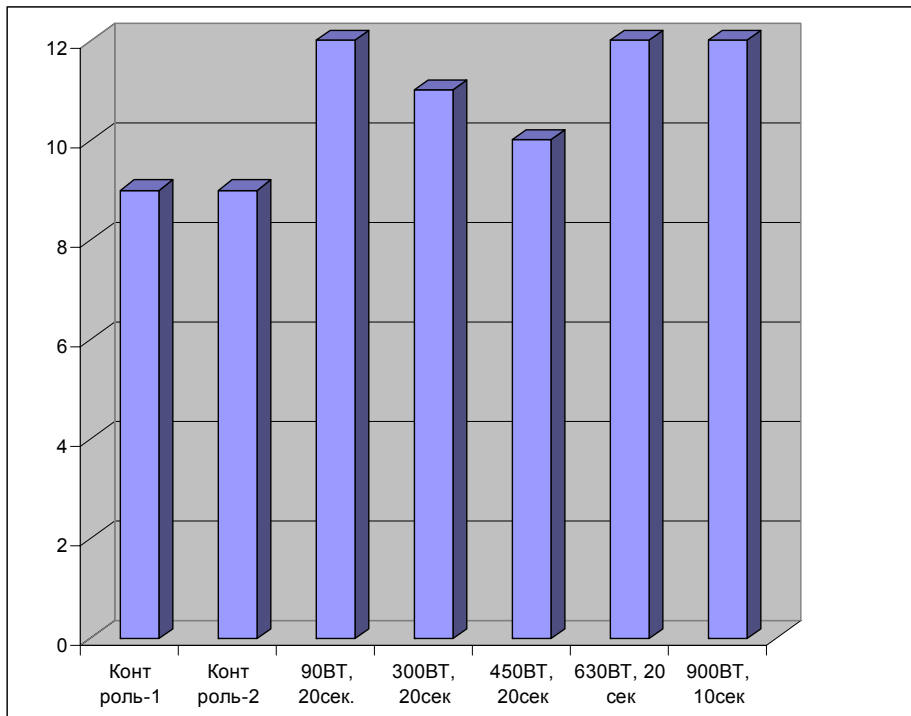


Рисунок 4.7 Влияние выбранных режимов СВЧ-облучения на рост coleoptiles

Лабораторная всхожесть увеличивалась по сравнению с контролем-2 данных образцов семян на 10–13 %, длина корешков на 1–2 см (рисунок 4.6), длина стеблей на 2–3 см. (рисунок 4.7). При увеличении времени облучения наблюдалось снижение всхожести (таблица 4.1). При увеличении времени облучения до 30–40 с появление всходов задерживалось на 1–2 дня по сравнению с контрольными семенами (контроль-1). Таким образом, при воздействии СВЧ-поля с экспозицией 10–20 сек. при мощности облучения 900 Вт. наблюдалось улучшение роста и развития растений в лабораторных условиях, по сравнению с зараженными, не облученными семенами. Установлено, что семена пшеницы оказались более чувствительны к режиму 10-20 сек. при выбранных режимах обработки 90,300,450,630,900 Вт. Во всех этих режимах всхожесть семян по сравнению с контролем-2 заметно возрастала. При мощности облучения 900 Вт. и времени экспозиции 40 сек. всхожесть исследуемых семян была равна нулю, из чего можно сделать вывод о нецелесообразности данной мощности совмещения времени для стимуляции роста и развития семян пшеницы.

**Таблица 4.1 Влияние различных режимов микроволнового поля
на лабораторную всхожесть семян**

| Режим обработки | Всхожесть семян, % | Длина частей проростка, мм | |
|---|-----------------------|-------------------------------|-------------|
| | | Корень | Колелонтиль |
| Контроль-1 (не зараженные, не облученные семена) | 98 | 29 | 9 |
| Контроль-2 (зараженные, не облученные семена) | 85 | 27 | 9 |
| 1. P=90BT, T=10сек. | 98 | 32 | 12 |
| 2. P=90BT, T=20сек. | 98 | 29 | 12 |
| 3. P=90BT, T=30сек. | 83 | 29 | 10 |
| 4. P=90BT, T=40сек. | 88 | 27 | 10 |
| 5. P=300BT, T=10сек. | 88 | 30 | 10 |
| 6. P=300BT, T=20сек. | 95 | 32 | 11 |
| 7. P=300BT, T=30сек. | 90 | 31 | 11 |
| 8. P=300BT, T=40сек. | 85 | 33 | 11 |
| 9. P=450BT, T=10сек. | 80 | 30 | 10 |
| 10. P=450BT, T=20сек. | 90 | 30 | 10 |
| 11. P=450BT, T=30сек. | 80 | 32 | 13 |
| 12. P=450BT, T=40сек. | 75 | 33 | 10 |
| 13. P=630BT, T=10сек. | 90 | 32 | 11 |
| 14. P=630BT, T=20сек. | 90 | 33 | 12 |
| 15. P=630BT, T=30сек. | 70 | 30 | 11 |
| 16. P=630BT, T=40сек. | 20 | 13 | 6 |
| 17. P=900BT, T=10сек. | 95 | 34 | 12 |
| 18. P=900BT, T=20сек. | 90 | 31 | 10 |
| 19. P=900BT, T=30сек. | 35 | 23 | 8 |
| 20. P=900BT, T=40сек. | - | - | - |

По данным, приведенным в таблице 4.2, видно, что при увеличении облучения до 450 Вт. поверхностная зараженность семян закономерно уменьшалась до 21 %, при одинаковых режимах времени (20 сек.). Однако при мощности 630 Вт и при таком же времени (20 сек..) процент зараженности приравнялся к контролю и составлял 93 %. А при мощности 900 Вт. и времени облучения 10 сек. зараженность семян снижалась в 1,5 раза по сравнению с контролем.

Из чего можно сделать вывод о том, что при мощности более 600 Вт оптимальное время облучения должно составлять –10 сек, т.е. в 2 раза меньше чем при облучении меньшими мощностями. По полученным данным видно, что при одинаковом времени (20 сек.) режимы СВЧ облучения от 90 до 450 Вт. предотвращали способность фитопатогенных грибов поверхностно заселять семена пшеницы, тем самым предупреждая развитие заболеваний, вызванных данными видами грибов.

Таблица 4.2 Численность Фитопатогенных грибов (*Fusarium sporotrichioides* и *Bipolaris sorokiniana*) на поверхности семян после их обработки микроволновым полем при различных режимах

| Режим обработки | Число колоний, ср.знач. | Процент зараженности, % |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1. Контроль | 7 | 100 |
| 2. P=90ВТ, T=20сек. | 5 | 71 |
| 3. P=90ВТ, T=20сек. | 1,5 | 43 |
| 4. P=90ВТ, T=20сек. | 1,5 | 21 |
| 5. P=90ВТ, T=20сек. | 6,5 | 93 |
| 6. P=90ВТ, T=10сек. | 4,5 | 64 |

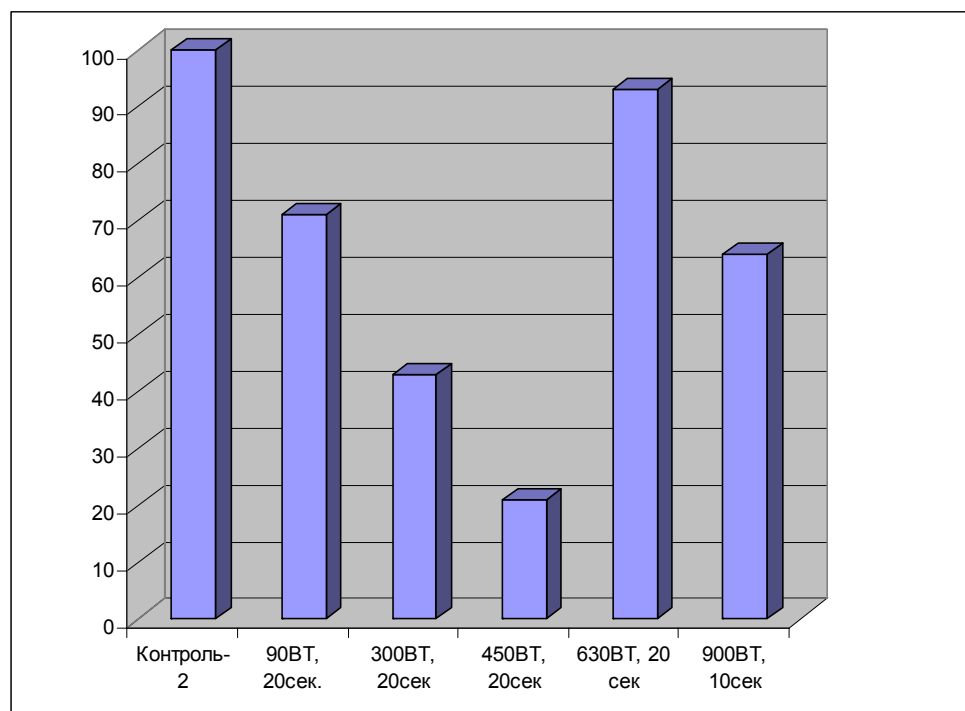


Рисунок 4.8 Численность фитопатогенных грибов на поверхности семян после СВЧ-облучения при выбранных режимах

Таким образом, полученные данные показывают, что всхожесть семян увеличилась по сравнению с семенами в контроле на 10–15 %, длина корешков на 15–30 %, длина coleoptily – на 10–35 %. При увеличении времени облучения до 40–60 сек. наблюдали снижение всхожести с задержкой прорастания на 1–2 дня по сравнению с контролем. Анализ зараженности семян и сохранности инфекционного инокулюма показал, что при мощности 300–450 Вт. и экспозиции 20 сек. число колоний фитопатогенных грибов уменьшилось по сравнению с контролем на 20 %, а процент зараженности снизился на 60–80 % (рисунок 4.8).

Стимуляция роста проростков семян ячменя сорта Челябинская 99 репродукции 2009 г. отмечалась в вариантах с экспозицией 10–20 сек. и мощностью 90, 300, 450, 630, 900 Вт. Всхожесть семян увеличилась по сравнению с семенами в варианте «контроль-2» на 10–13 %, длина корешков на 18–30 %, длина coleoptily – на 11–33 %. При увеличении времени облучения до 30–60 сек. наблюдали снижение всхожести с задержкой прорастания на 1–2 дня по сравнению с контролем-1 и 2–3 дня – с контролем-2. Анализ зараженности семян и сохранности инфекционного инокулюма показал, что при мощности 300–450 Вт. и экспозиции 20 сек. число колоний фитопатогенных грибов уменьшилось по сравнению с контролем на 21 %, а процент зараженности составил 23–40 % по сравнению со 100 % в контроле-2 [222].

4.3. Определение качества работы дискового протравливателя

Для оценки качества работы дисковых распылителей погружного типа была изготовлена лабораторная установка (рисунок 4.9), исследования проводились с учетом требований ОСТ 70.6.1-81 «Испытание сельскохозяйственной техники. Опрыскиватели, опыливатели, машины для приготовления и транспортировки рабочей жидкости».

В качестве факторов, характеризующих качественные показатели работы, использовались размеры капель, площадь покрытия, угол распыла, расход раствора. В качестве изменяемых параметров – число оборотов, профиль и толщина диска, глубина погружения диска, концентрация раствора. Исследования влияния параметров на качественные показатели работы проводились на основе однофакторных экспериментов по пяти повторностям с расчетом среднего значения и оценочного значения

среднеквадратического отклонения. Использование двигателя постоянного тока 1 обеспечивало получение оборотов в диапазоне 800–2800 об./мин. изменением сопротивления на входе якоря. Поворотная рамка 5 с закрепленной на ней черной бумагой служила для получения следа капли, определяемого с помощью измерительной линейки (ГОСТ 17435-72). В качестве базового профиля был выбран диск прямоугольного профиля (толщина–2 мм, диаметр–150 мм, глубина погружения–7 мм). На нем определялось оптимальное число оборотов, с учетом стандарта на обороты асинхронных двигателей были выбраны следующие диапазоны: 1000, 1500, 2800 мин⁻¹. Показатели диаметра следа капли, расхода рабочей жидкости при различных оборотах диска фиксировались в таблице.

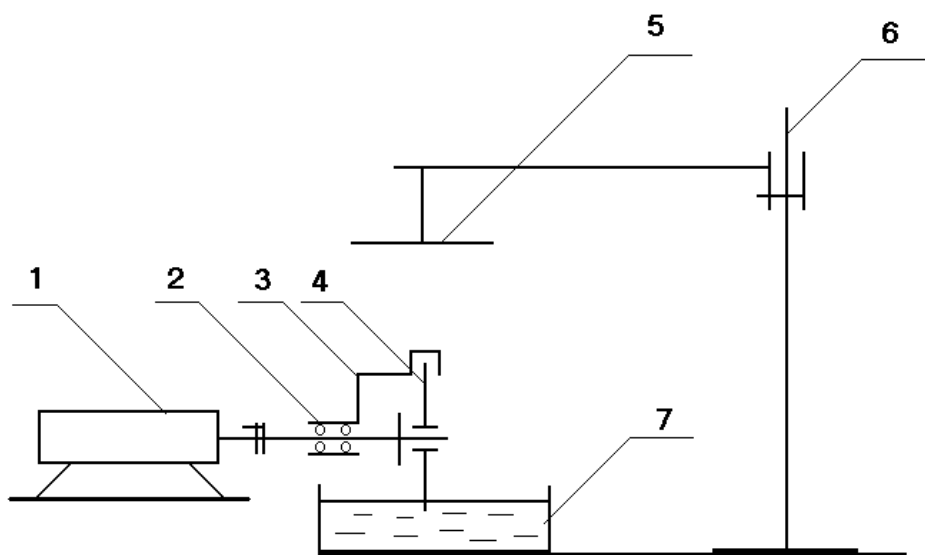


Рисунок 4.9 Лабораторная установка

по исследованию дисковых распылителей погружного типа:

- 1 – электродвигатель постоянного тока; 2 – вал привода; 3 – кожух;
4 – дисковый распылитель; 5 – поворотная рамка; 6 – штатив; 7 – ванна

Одними из наиболее информативных данных при исследовании аэрозолей являются диаметры следов капель d и расход рабочей жидкости Q при различных оборотах погружного диска n . Отмечается, что при оборотах свыше 2300 мин⁻¹ наблюдается значительное улучшение качества распыла и переход рабочей жидкости в аэрозольное состояние. Из полученной зависимости расхода жидкости Q от оборотов диска n (рисунок 4.10) видно, что расход жидкости повышается с увеличением количества оборотов погружного диска. Исследование угла распыла жидкости проводилось с дисками

различного профиля и толщины. С учетом того, что при оборотах, превышающих 2300 мин^{-1} , образуется аэрозольное облако и практически невозможно определить угол распыла, была исследована ступень 1500 мин^{-1} . Полученные данные свидетельствуют о незначительном влиянии профиля и толщины диска на угол распыла, что хорошо согласуется с теоретическими исследованиями.

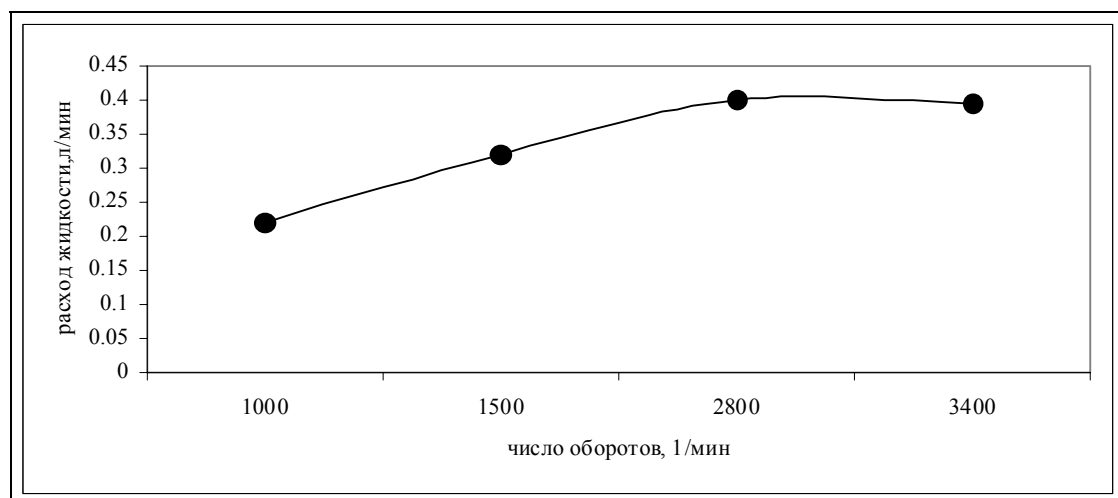


Рисунок 4.10 График зависимости расхода жидкости от оборотов диска

Анализируя зависимость площади покрытия S в зависимости от глубины погружения дисков h_1 (рисунок 4.11), видим, что наиболее оптимальным является погружение дисков на глубину 5-7 мм. Дальнейшее увеличение погружения ведет к росту расхода и появлению мокрых пятен, что требует дополнительной подсушки клубней [214].

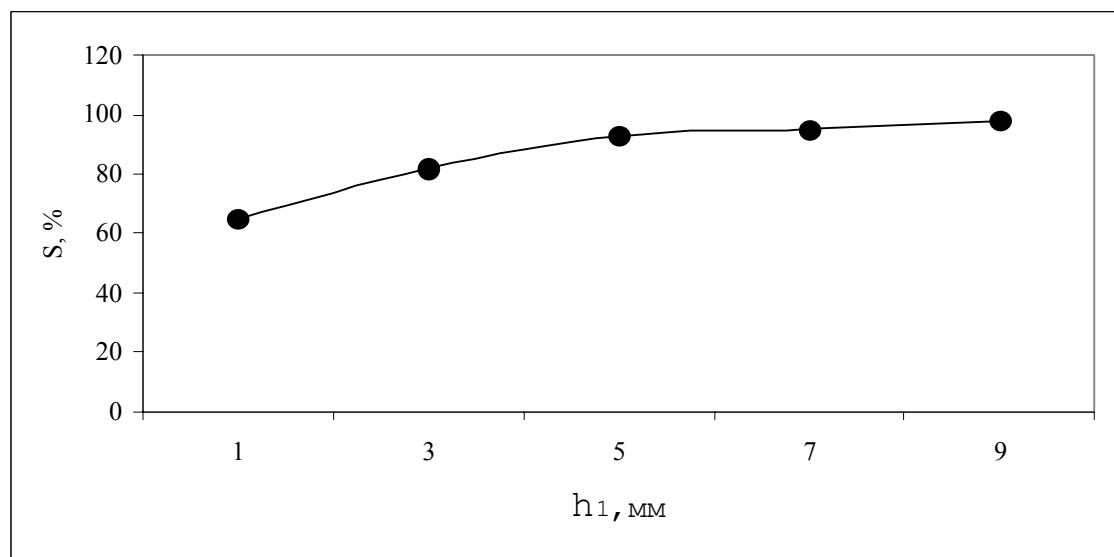


Рисунок 4.11 График зависимости площади покрытия S в зависимости от глубины погружения дисков h_1

С учетом полученных данных, показывающих принципиальную возможность работоспособности предложенной конструкции дисковых распылителей, на основе анализа конструкций протравливателей, нами создана конструкция приставки-протравливателя к ТЗК-30 (рисунок 4.12), на которой исследована в производственных условиях степень покрытия клубней, создаваемым аэрозолем, в зависимости от глубины погружения дисков в картофелехранилище учебно-опытного хозяйства «Миловское» ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ (1998 г.).

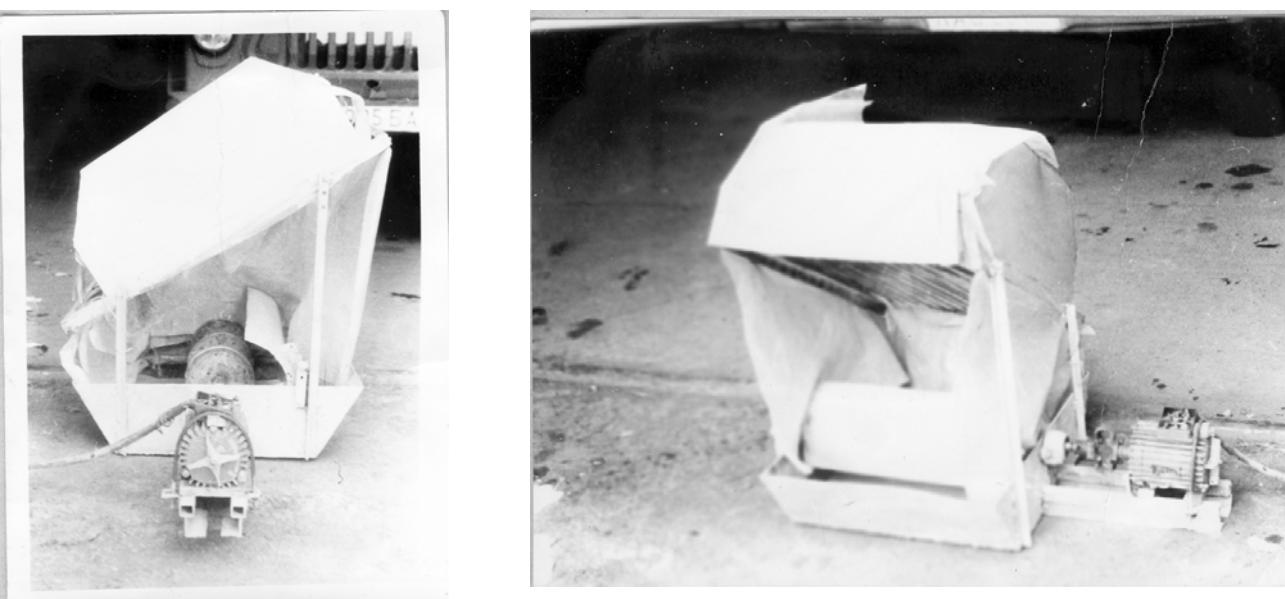


Рисунок 4.12 Приставка-протравливатель к ТЗК-30

Общее количество погружных дисков диаметром 150 мм и толщиной 2 мм определили по формуле 3.9 (рисунок 4.13).

$$n = \frac{B_p}{2 * h * \sin \omega / 2}, \quad (4.2)$$

где B_p - ширина решета, м;

h - высота расположения решета, м;

ω - угол распыла, град.

С учетом расположения решета 200 мм, угла распыла – 30°, ширины решета – 500 мм. общее количество дисков составило 5 шт.

Забор пробы осуществлялся по методу, предложенному В.Ф. Дунским, Н.В. Никитиным, М.С. Соколовым. Для этого предварительно обезжиренные заборные предметные стекла (24 шт.) опускались в раствор 10 %-го силикона (технический диметилдихлорсилан $(CH_3)_2 SiCl_2$) в бензоле, высушивались,

протирались ватным тампоном. Далее они равномерно укладывались на горизонтальной поверхности мелкосетчатой решетки и вносились под кожух сверху решетки в ванну по всему фронту распыления на расстоянии 6 см от дисков. Равномерно разложенные пластинки занимали 17 % от общей площади распыления. Время улова капель длилось от 5 до 10 сек., что обеспечивалось щелевым затвором.

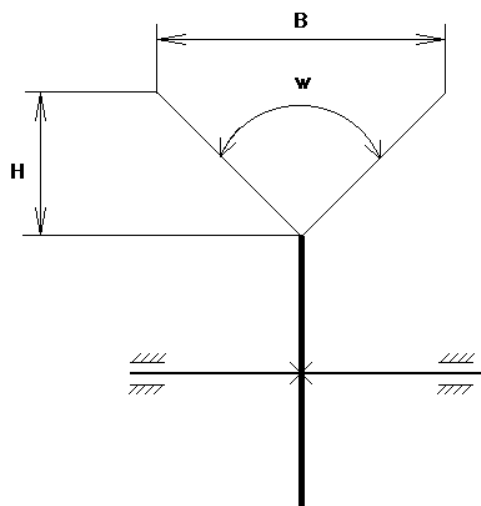


Рисунок 4.13 Расчетная схема определения угла распыла

Для более качественной регистрации размеров следов капель после испарения, к раствору распыляемого препарата добавляли фуксин в количестве до 0,1 % к раствору. Определение размеров капель или их следов производили на оптическом микроскопе БИОЛАМ и объекте-микрометре проходящего света ОМП (увеличение 90; цена деления шкалы окуляра 10 мкм (приложение 6)). В обоих вариантах в каждой пробе мы определили диаметр 400 частиц [110].

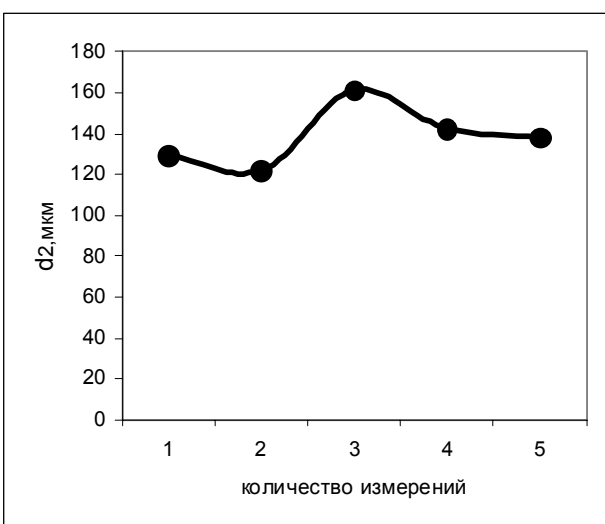
При исследовании протравливателя корнеклубнеплодов данной конструкции в производственных условиях наблюдался вынос ядохимиката за пределы камеры протравливания, что недопустимо с экологической точки зрения и вопросов охраны труда обслуживающего персонала, при увеличении числа оборотов погружных дисков образуемый аэрозоль получался крупнокапельный, что повышало расход ядохимиката и вело к ухудшению качества обработки, оставался нерешенным вопрос о подаче раствора ядохимиката в ванну.

С учетом решения вышеперечисленных вопросов нами создан протравливатель корнеклубнеплодов с рециркуляцией аэрозоля,

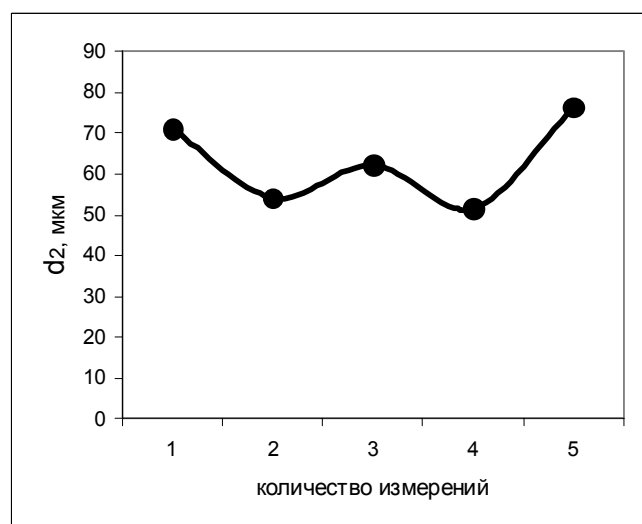
который содержит резервуар для раствора, над которым установлена наклонная решетка с закрепленным над ней кожухом, фартуками, образующими камеру протравливания. Использование установки позволяет обеспечить дробление капель до размеров мелкодисперсного аэрозоля и его рециркуляцию, что повышает эффективность и качество обработки клубней (рисунок 1.15).

На данной установке проведены лабораторные исследования с двумя вариантами рассекателей. В первом варианте опыты проводились с сетчатым рассекателем с размерами ячеек $0,25 \times 50$ мм., во втором варианте рассекатель был выполнен сплошным [211,215]. Радиус погружного диска и угловая скорость вращения составляла соответственно $R=0,075$ м и $\omega^2=283,5$ рад/с. В обоих вариантах в каждой пробе мы определили диаметр 400 частиц. В последующем, для получения более объективных данных о процессе образования аэрозоля и покрытия им клубней картофеля, экспериментальные исследования были перенесены в полевые условия.

Определение размеров «вторичных» капель d_2 по результатам опытов в учебно-опытном хозяйстве «Миловское» Башкирского ГАУ (1998 г.) показало, что распределение средних размеров «вторичных» капель d_2 находится в диапазоне 120-170 мкм. при среднем значении 138,6 мкм, что не удовлетворяет требованиям мелкодисперсного аэрозоля (рисунок 4.14 а).



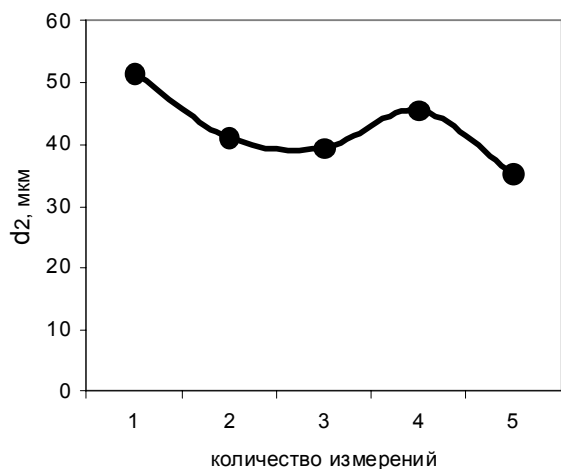
а)



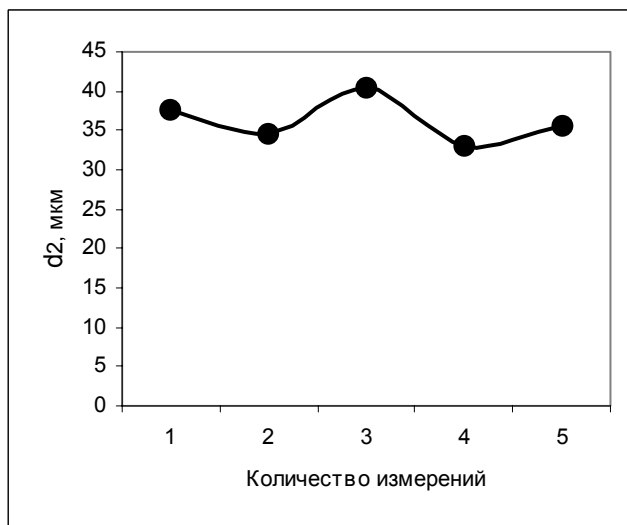
б)

Рисунок 4.14 График распределения средних размеров «вторичных» капель d_2 :

а – по результатам опытов в учхозе «Миловское» БГАУ (1998 г.);
б – по результатам лабораторных опытов с сетчатым рассекателем



а)



б)

Рисунок 4.15 График распределения средних размеров «вторичных» капель d_2 :

а – по результатам лабораторных опытов со сплошным рассекателем;
б – по результатам полевых опытов со сплошным рассекателем

Проведенные лабораторные исследования с сетчатым рассекателем свидетельствуют о более качественном составе аэрозоля (среднее значение размера «вторичной» капли–63,16 мкм), однако отдельные выбросы капель до 80 мкм. также не удовлетворяют требованиям мелкодисперсного аэрозоля (рисунок 4.14 б).

Наилучшие результаты показала в работе установка со сплошным рассекателем. При лабораторных опытах средний размер «вторичных» капель составил 42,58 мкм(рисунок 4.15 а), при полевых–36,27 мкм(рисунок 4.15 б).

Лабораторно-полевые опыты проводились в картофелехранилищах учебно-опытного хозяйства «Миловское» Башкирского ГАУ (1998 г.) и МУСП «Кармасан» Уфимского района Республики Башкортостан (1999 г.). Семенная партия картофеля обрабатывалась перед посадкой в процессе загрузки в транспортное средство. Исследования проводились со сплошным рассекателем. Забор пробы осуществлялся по методу В.Ф.Дунского, а обмер и счет осевших капель или их следов проводился при помощи визуально-измерительного комплекса, включающего в себя микроскоп биологический исследовательский универсальный (МБИ-15), цифровой фотоаппарат OLYMPUS C1400L и ЭВМ (рисунок 4.16). Микроскоп МБИ-15 предназначен для визуального наблюдения и фотографирования объектов в проходящем и

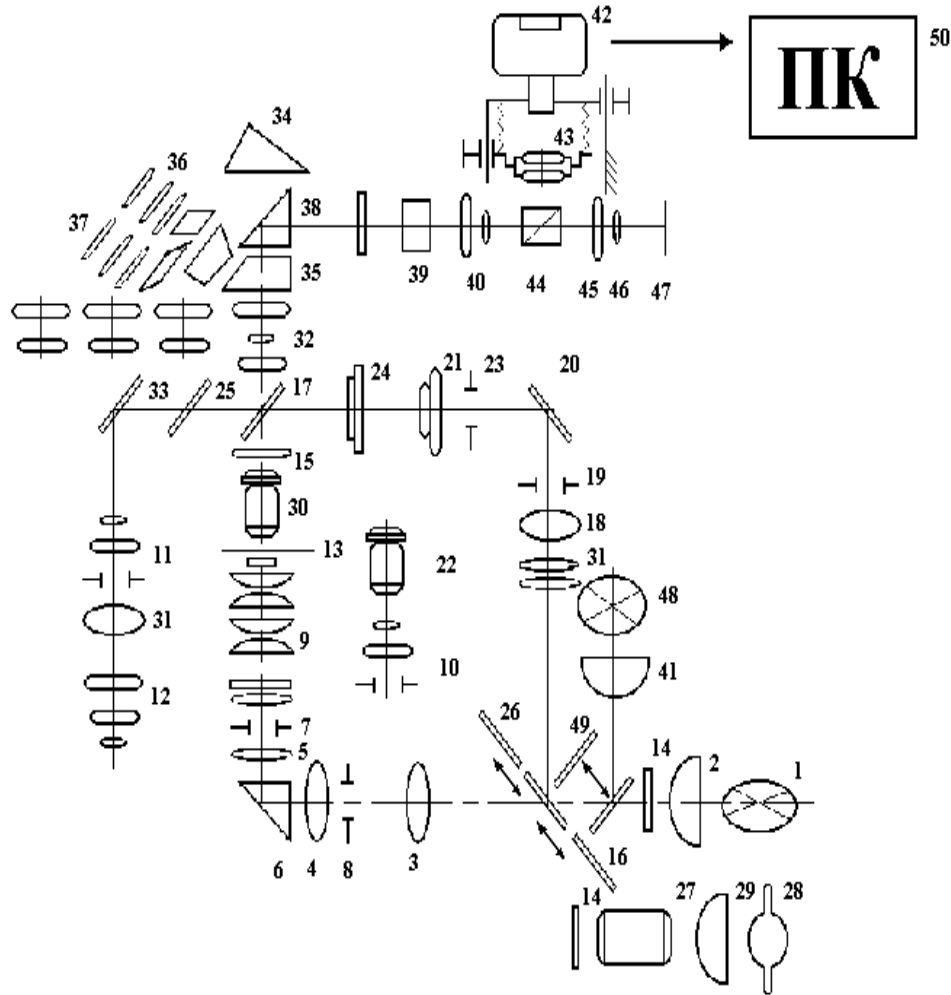


Рисунок 4.16. Схема визуально- измерительного комплекса

1) осветительная часть

1,28 – источник света; 2 – коллектор; 3,4,5 – линза; 6 – призма; 7 – ирисовая апертурная диафрагма; 8 – ирисовая полевая диафрагма; 9 – панхроматический конденсатор; 10,11 – конденсатор; 12 – телеобъектив; 13 – плоскость объекта; 14,31,32 – светофильтры; 15 – ахроматическая линза; 16,20 – зеркала; 17 – отражатель; 18 – осветительная линза; 19 – апертурная диафрагма; 21 – бифокальная линза; 22 – зеркальный конденсатор объектива; 23 – полевая диафрагма; 24 – кольцевая диафрагма; 25 – зеркало; 26,33 – светоделительная пластинка; 27 – теплопоглощительная кювета; 29 – коллектор; 30 – выходной зрачок объектива

2) наблюдательная и фотографическая части схемы

34,38 – призма; 35 – светоделительная призма; 36 – полевая диафрагма окуляров; 37,52 – бинокулярная насадка; 39 – коллектив; 40 – сменный фотоокуляр; 41 – коллектор; 42 – фотоаппарат цифровой OLYMPUS C1400L; 43 – объектив фотоаппарата; 44 – призма – куб; 45 – линза; 46 – светофильтр; 47 – фотокатод фотоэлектронного умножителя; 48 – импульсный источник света; 49 – светоделительная пластинка.

3) измерительная часть

50 – измерительный комплекс

падающем свете [135,213]. Для фотографирования исследуемых объектов, вместо встроенного в микроскоп фотозатвора, работающего от руки (при фотографировании на пластинку) был установлен цифровой фотоаппарат OLYMPUS C1400L, имеющий связь через шнур-шлейф с ЭВМ. Данный комплекс позволил автоматически получить изображения капель или их следов с 16-кратным увеличением в цифровом виде в формате TIFF, которые далее записывались на флэш-карту фотоаппарата OLYMPUS C1400L и переписывались на жесткий диск ЭВМ для дальнейшей обработки. Он удобен в связи с малой трудоемкостью, быстротой и надежностью измерений.

Калибровка микроскопа производилась с помощью объекта-микрометра проходящего света ОМП с ценой деления шкалы окуляра 10 мкм. В каждой пробе мы определили диаметр 400 частиц.

При обработке экспериментальных данных мы использовали, как уже было отмечено выше, несколько методов определения размеров капель или их следов. При первом методе, называемом прямым [75], обмер производился при помощи оптического микроскопа БИОЛАМ и объекта-микрометра проходящего света ОМП (увеличение 90; цена деления шкалы окуляра 10 мкм.).

Полученные данные подвергались статистической обработке на ЭВМ при помощи программы «STATGRAPH» с вычислением показателей: среднеарифметического значения и среднеквадратического отклонения по формулам

$$\begin{aligned}\overline{X} &= \frac{\sum X}{N}; \\ \sigma &= \sqrt{\frac{\sum_1^N (X_i - \overline{X})^2}{N - 1}}; \end{aligned} \quad (4.3)$$

где X_i - результат любого отдельного измерения;

N- количество измерений.

Основным информативным показателем при анализе экспериментальных данных являлось среднее значение. Среднеквадратичное отклонение, характеризующее меру отклонения полученных данных относительно среднего (\overline{X}), использовалось при анализе, как характеристика степени монодисперсности аэрозоля α .

$$\alpha = \frac{\sigma}{X}; \quad (4.4)$$

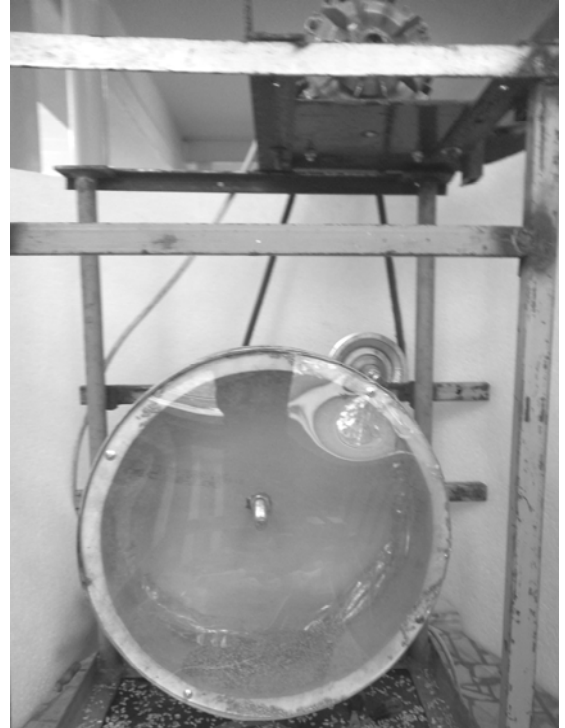
При втором методе, называемом автоматическим, обмер производился при помощи визуально-измерительного комплекса с получением изображения капель или их следов в цифровом варианте, определение размеров которых проводилось на ЭВМ с использованием программы обработки визуальных данных «IMAGE-PRO PLUS 2,0». Данная программа позволяет выделить капли, измерить их размер, определить площадь, занимаемую каплями (площадь покрытия) и занести все данные в таблицу.

4.4. Определение качества работы барабанного протравливателя и инкрустатора семян

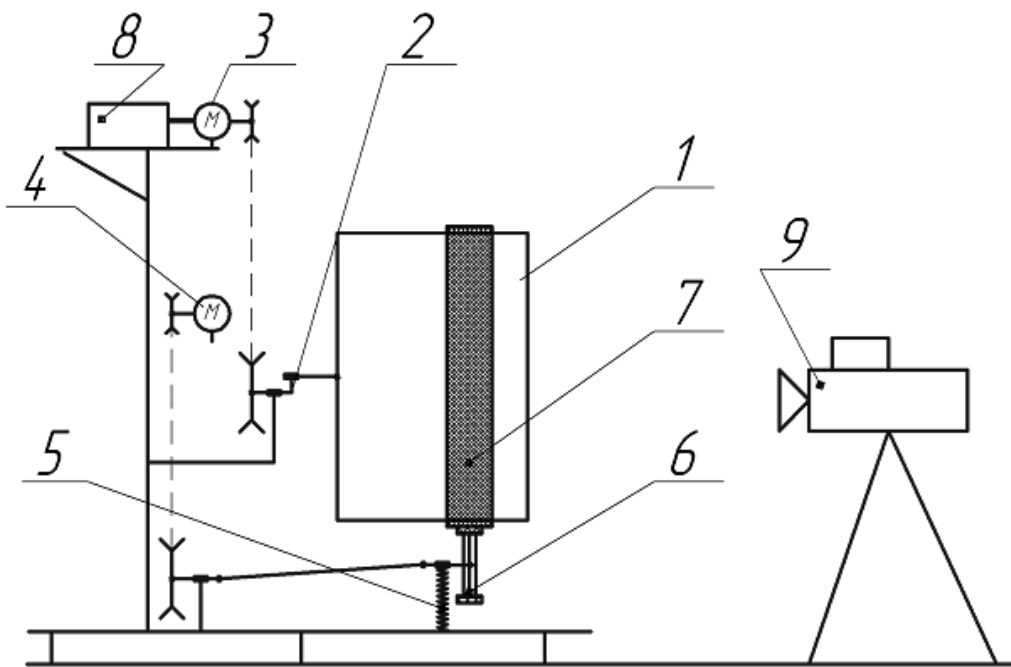
Для проведения лабораторно-экспериментальных исследований с целью визуальной оценки влияния эксцентричного закрепления барабана на движение семян при его вращении и снятия экспериментальных данных нами изготовлена экспериментальная установка в лаборатории кафедры сельскохозяйственных машин ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ (рисунок 4.17).

Путем фиксации визуальных данных видеокамерой получены экспериментальные данные циклов движения семян внутри вращающегося барабана при нестационарном движении в трех переменных состояниях: относительного покоя, относительного движения по поверхности барабана, свободного движения. На основе визуальных данных определено, что режим работы барабанного протравливателя характеризуется длиной траектории полета семян в фазе свободного движения, когда происходит полный (по всей поверхности) контакт семени с рабочей жидкостью. Если при установившемся режиме длины траектории полета семени подчиняются закону нормального распределения, то при нестационарном режиме никакой закономерности в распределении длин полета частиц не наблюдается, то есть при этом наиболее полно будет использоваться весь рабочий объем барабана протравливателя.

Для исследования влияния конструктивно-технологических параметров протравливателя с эксцентрично закрепленным барабаном на полноту и равномерность покрытия поверхности семян зерновых культур были разработаны экспериментальные установки ПСБ-1,5 и ПСБ-4 (рисунок 1.23).



а)



б)

Рисунок 4.17 Экспериментальная установка для исследования движения семян: а – лабораторная установка, б – схема
 1 – барабан; 2 – кривошип; 3 – привод кривошипа; 4 – привод барабана;
 5 – пружина; 6 – колесо с резиновым покрытием; 7 – резиновая лента;
 8 – частотный преобразователь; 9 – видеокамера фирмы Sony

Во время проведения опытов были взяты образцы обработанного материала при изменении радиуса эксцентриситета барабана в пределах $R_э=0...0,051\text{м}$, с шагом $\Delta R_э=0,003\text{м}$. Для каждого значения $R_э$ были изъяты по три образца с последующей их обработкой с целью определения равномерности покрытия семян методом графического анализа.

Для определения оптимального значения угловой скорости эксцентриситета были взяты образцы при значениях угловой скорости эксцентриситета $\omega_э=-8;-6;-4;-2;2;4;6$ и 8 с^{-1} . Для каждого значения $\omega_э$ были взяты по три образца с последующей их обработкой с целью определения равномерности покрытия семян методом графического анализа. Полноту протравливания определяли методом основанного на определении действующих веществ препаратов методом газожидкостной хроматографии. Для задания нужной угловой скорости применялся частотный преобразователь модели VFD055F43B (рисунок 4.18).



Рисунок 4.18 Частотный преобразователь VFD055F43B

4.4.1. Определение качества протравливания семян

Качество обработки характеризуется несколькими показателями, основными из которых являются полнота и равномерность протравливания [63]. Полнота протравливания – это фактическое содержание пестицида на поверхности семян, выраженное в процентах к рекомендуемой норме расхода. Равномерность обработки – это показатель, характеризующий степень однородности содержания препарата на отдельных семенах в

пределах одной партии. Рассчитывается он как коэффициент вариации полноты протравливания отдельных семян.

Для осуществления контроля за качеством предпосевной обработки семян необходимы экспрессные и надежные методы анализа, к которым относятся методы, основанные на технике газожидкостной хроматографии. Официально утвержденных методик по определению качества предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур пока нет.

Метод основан на экстракции тебуконазола из образцов или малых проб семян органическим растворителем с последующим количественным определением действующего вещества методом газожидкостной хроматографии с использованием термоионного детектора. Полноту протравливания оценивают по фактическому содержанию препарата в 1 т посевного материала, степень равномерности обработки – по величине коэффициента вариации распределения протравителя по семенам [64,136].



Рисунок 4.19 Лаборатория для определения показателей качества протравливания

Для определения полноты и равномерности протравливания нами использованы (рисунок 4.19): хроматограф газожидкостный, снабженный термоионным детектором и стеклянной насадочной колонкой; весы лабораторные ВЛКТ-500 (ГОСТ 19491-74); аппарат для встряхивания АБУ-1 (ТУ 64-1-1001-73); воронки стеклянные (ГОСТ 8613-75); колбы конические плоскодонные емкостью 100-250 см³ (ГОСТ 10394-72); колбы мерные емкостью 100 см³ (ГОСТ 1770-74); колонки стеклянные хроматографические длиной 1 м с внутренним диаметром 2 мм; микрошприц МШ-10 (ТУ 2-833-106); палочки стеклянные (ГОСТ 25336-82); пипетки мерные емкостью

1,2,5,10 см³ (ГОСТ 20292-82); пробирки с пробками на шлифах емкостью 5 см³ (ГОСТ 1770-74Е); цилиндры мерные емкостью 50 см³ (ГОСТ 1770-74). Азот газообразный в баллонах с редуктором, ос.ч. (ГОСТ 9293-74); ацетон, ч.д.а. (ГОСТ 2603-79); натрий сернокислый безводный, ч.д.а. (ГОСТ 4166-76); тебуконазол, аналитический стандарт, 99,0% (ГСО 7669-99); фильтры бумажные, белая лента (ТУ 6-09-1678-77).

Отбор проб и подготовку средних образцов производили в соответствии с ГОСТ 12036-85 «Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб» и МУ № 2051-79 «Унифицированные правила отбора проб сельскохозяйственной продукции, пищевых продуктов и объектов окружающей среды для определения микроколичеств пестицидов» [62].

При определении равномерности протравливания подготовленный средний образец рассыпали на ровной поверхности тонким слоем и методом многократного конверта отбирали 100 - 110 семян.

Подготовку и кондиционирование колонок для ГЖХ проводили по следующей последовательности: готовую насадку OV-17 засыпали в стеклянную колонку и уплотняли под вакуумом. Колонку устанавливали в термостате хроматографа, не подсоединяя к детектору, и кондиционировали в токе азота в течение 8–10 часов при температуре на 20⁰С ниже предельного значения для выбранной фазы.

Основной раствор готовили, количественно перенося 10 мг тебуконазола в мерную колбу на 100 см³, растворили навеску в ацетоне и доводили до метки. Из полученного раствора тебуконазола с концентрацией 100 мкг/см³ путем последовательного разбавления в ацетоне готовили градуировочные растворы с концентрацией тебуконазола 0,5; 1; 2; 5 и 10 мкг/см³.

После чего для построения градуировочного графика в испаритель хроматографа вводили по 2 мкл градуировочных растворов (не менее 3-х параллельных измерений для каждой концентрации, не менее 4-х точек по диапазону измеряемых концентраций) и измеряли высоты пиков. На основании полученных измерений строили график зависимости среднего значения высоты пика (мм) от концентрации тебуконазола в градуировочном растворе (мкг/см³).

Для определения полноты протравливания проводили экстракцию тебуконазола из семян: в коническую колбу емкостью 250 см³ помещали 15 г семян, заливали 50 см³ ацетона и помещали в аппарат для встряхивания на 30 минут. Экстракт фильтровали через складчатый бумажный фильтр со слоем безводного сернокислого натрия в мерную колбу на 100 см³. Экстракцию повторяли в том же режиме. После чего их объединяли. Объединенный экстракт доводили до метки, тщательно перемешивали и использовали для хроматографирования. В испаритель хроматографа вводили 2-4 мкл анализируемого раствора.

Фактический расход препарата на 1 т. семян рассчитывают по каждому действующему веществу по формуле (содержание ципроконазола определяют по сумме двух пиков) [136].

$$X = \frac{H_{np} \cdot A \cdot V \cdot K}{H_{ст} \cdot V_1 \cdot P \cdot 1000}, \quad (4.5)$$

где X – содержание протравителя в семенном материале, л/т;

H_{ст} – высота пика стандарта, мм;

H_{пр} – высота пика анализируемой пробы, мм;

A – количество стандарта, введенного в хроматограф, нг;

V – конечный объем экстракта с учетом разбавления, см³;

V₁ – объем аликвоты, введенный в хроматограф, мкл;

P – масса образца семян, г;

1000 – коэффициент для пересчета содержания препарата на 1 т семян

K – поправочный коэффициент для перевода количества действующего вещества в количество препарата.

Полноту протравливания рассчитывают как соотношение фактического содержания препарата в семенах к рекомендуемой норме расхода и выражают в процентах.

Обработка экспериментальных данных проводилась методами общей теории статистически и теории планирования эксперимента [10,38-39] в соответствии с ГОСТ 8.207 – 76.

Результаты лабораторных экспериментов обрабатывали в соответствии с методами вариационной статистики.

При обработке данных планового эксперимента в качестве параметров, характеризующих процесс, были выбраны радиус и угловая скорость кривошипа.

Средние значения измерений эмпирического ряда параметров вычисляли по формуле

$$n = \frac{\sum n_i x_i}{\sum x_i}, \quad (4.6)$$

где n_i – порядковый номер замера параметра;
 x_i – независимые переменные.

4.4.2 Определение равномерности покрытия семян методом графического анализа

Выше рассмотренный метод определения равномерности покрытия семян требует наличия дорогой лабораторной установки, лаборатории и квалифицированного специалиста. К тому же анализ по данному методу занимает много времени и средств. Было бы целесообразно найти альтернативный метод определения равномерности покрытия семян, позволяющий получать результаты непосредственно на рабочем месте. При этом появилась бы возможность корректировки настроек установки в процессе обработки семян.

С развитием цифровых технологий, достигнутых в последние годы, становится возможным использование программ графической обработки изображений для определения равномерности покрытия семян. Идея заложена в том, что более равномерно обработанные семена имеют цвет, более насыщенный цветом используемого препарата, чем семена, обработанные менее качественно. Это обусловлено тем, что при некачественной обработке некоторые участки семян покрываются излишней дозой препарата, которая в фотографии не добавляет насыщения цветом выше, чем цвет самого препарата, в то время как на остальных участках семян насыщение цветом оказывается ниже. Таким образом, два образца обработанного материала, содержащих одинаковое количество препарата, будут отличаться уровнем насыщения цветом препарата, причем насыщение цветом у образца, обработанного более качественно, будет выше.

Во время проведения лабораторных и лабораторно-полевых опытов для определения равномерности покрытия семян нами применялся следующий метод. После начала обработки семян (препаратом раксил, имеющим красный цвет) были сделаны отборы проб по известной методике. Пробы были уложены в чаши Петри и

сфотографированы цифровым фотоаппаратом, закрепленным на штативе. Полученные изображения (рисунок 4.20) были загружены в Notebook, с последующей обработкой в программе Photoshop. Программа Photoshop позволяет выделять в изображении пиксели, имеющие красный цвет (цвет используемого препарата) (рисунок 4.21). Дальнейшая обработка рисунка сводится к тому, чтобы определить уровень серого в скопированном изображении (для образца показанного на рисунке 4.22 она составила $K=168,28$). Уровень серого (среднее значение серого) в изображении определяется значением от 0 до 255, при этом 0 соответствует черному цвету, 255-белому. Для оценки уровня красного цвета принимаем шкалу по формуле

$$П_n = ((K_2 - K_1) * (K_2 - K_i)) / 100, \quad [\%] \quad (4.7)$$

где $П_n$ – процент насыщения цветом,

K_2 – уровень серого для необработанного образца зерна (рисунок 4.23),

K_i – уровень серого для рассматриваемого образца зерна,

K_1 – уровень серого градуировочного листа (лист с естественным цветом используемого препарата).

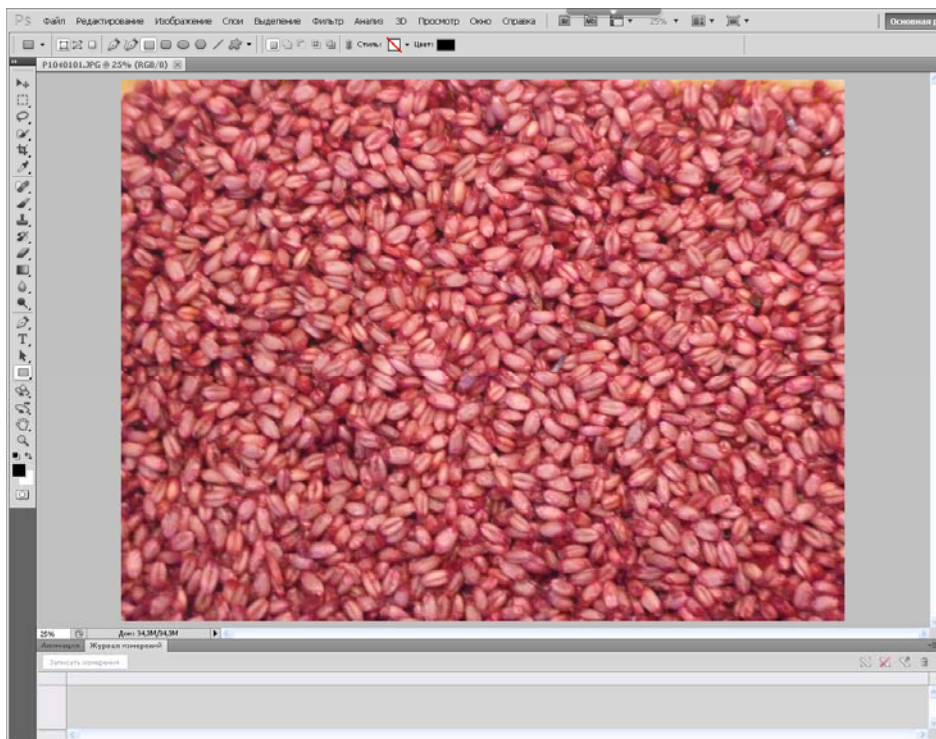


Рисунок 4.20 Изображение образца, помещенное в программу Photoshop

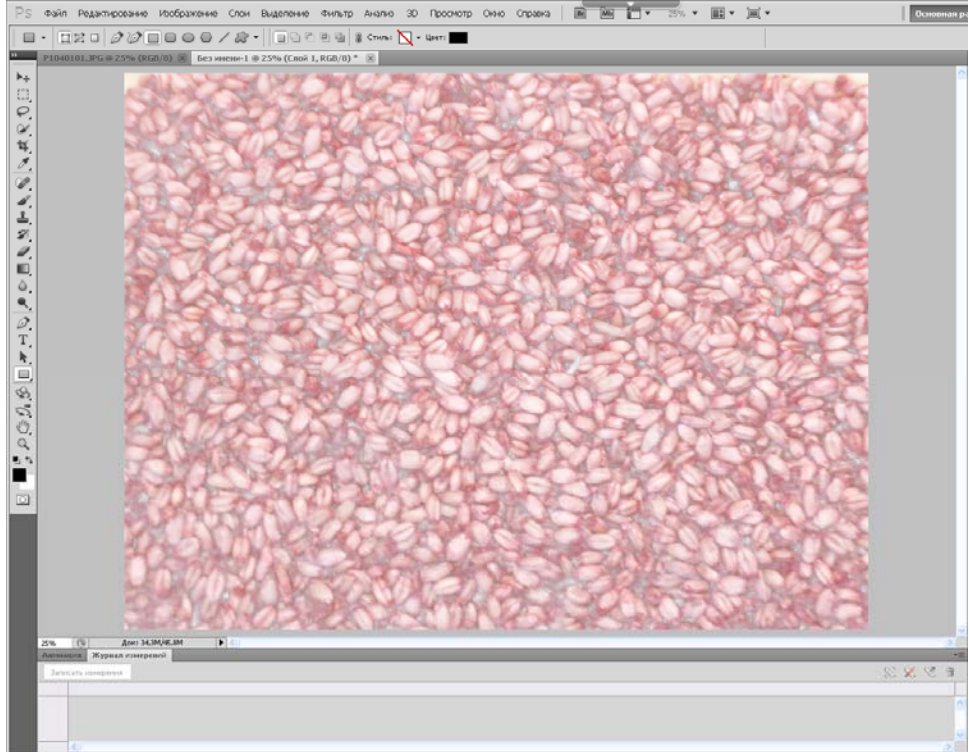


Рисунок 4.21 Изображение образца после обработки (выделены пиксели, имеющие красный цвет)

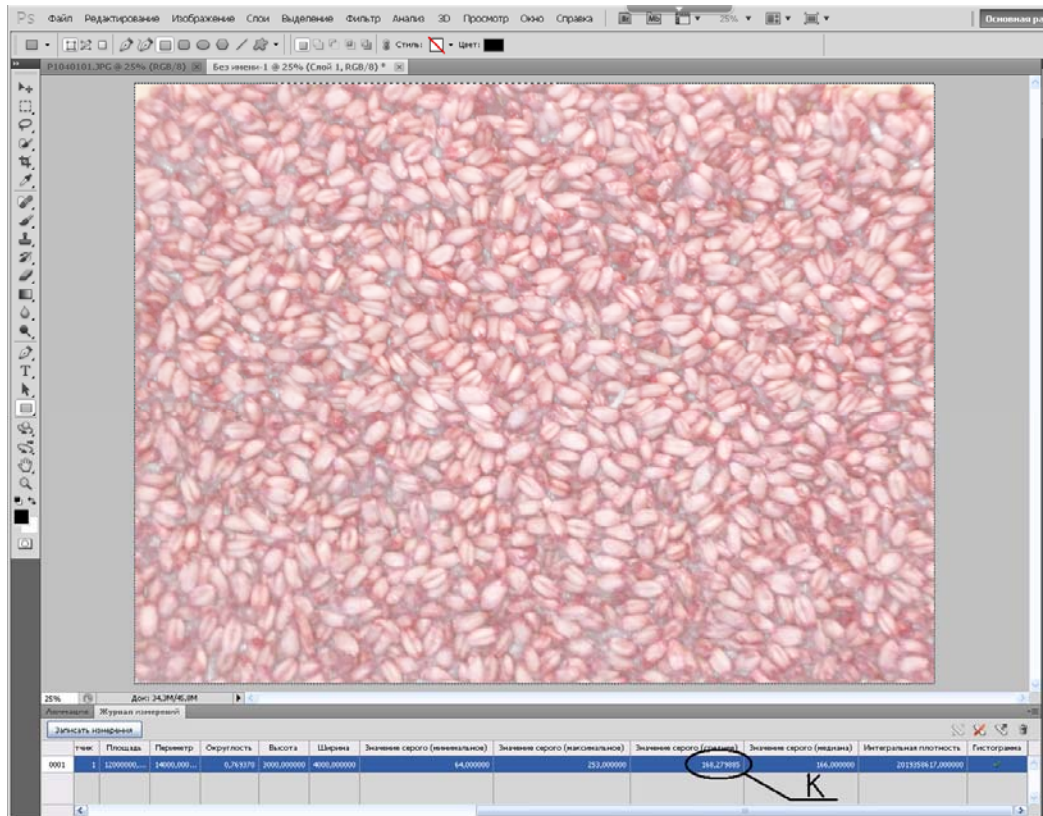


Рисунок 4.22 Результаты анализа (K – среднее значение серого)

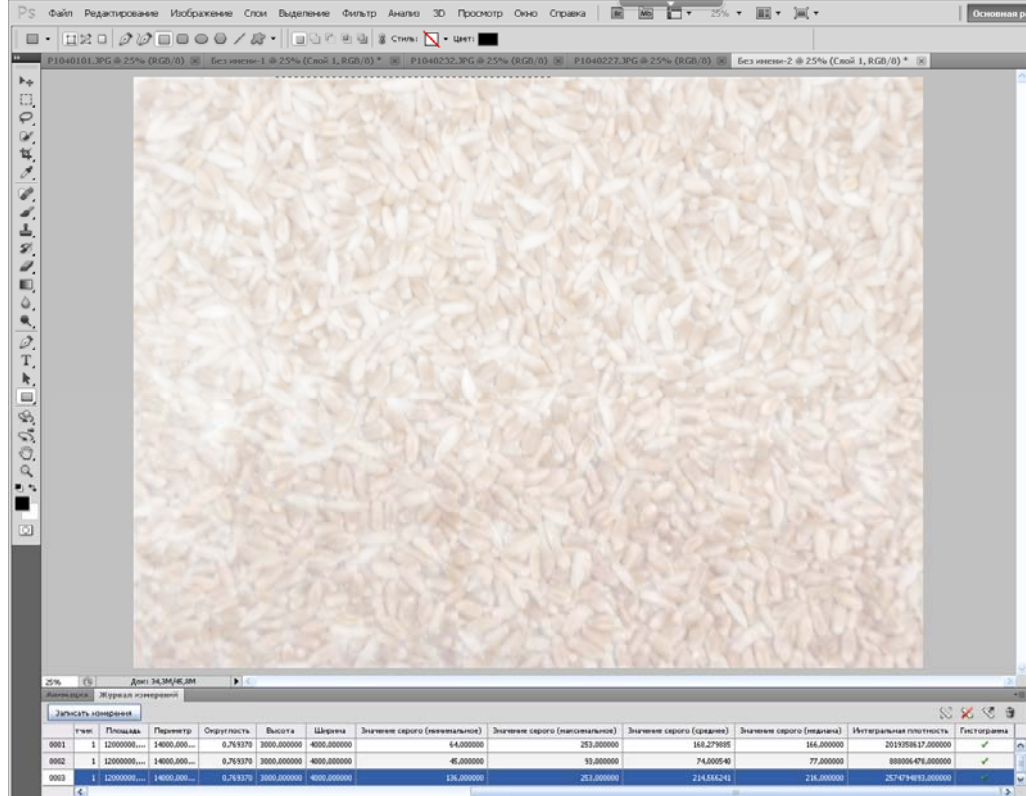


Рисунок 4.23 Определение среднего значения серого для необработанного образца зерна

Полученные значения P_n позволяют сравнивать равномерность покрытия семян разных образцов. Чем выше значение P_n , тем более качественно были обработаны семена. Применение в методике изображений градуировочного листа и необработанного образца зерна позволяет избавиться от влияния таких факторов как освещение, характеристика цифрового фотоаппарата, расстояние до образца и т.д.

Основной задачей планирования является сведение ошибки эксперимента к минимуму, получение неискаженной оценки ошибки и неискаженных оценок эффектов основных факторов.

Для отдельной оценки эффектов факторов и их взаимодействия необходимо применять полный факторный эксперимент (ПФЭ) [178].

Планирование, проведение и обработка результатов полного факторного эксперимента включает следующие этапы:

- кодирование факторов;
- составление плана или плана-матрицы эксперимента;
- рандомизацию опытов;
- реализацию опытов;
- проверку воспроизводимости опытов;

– вычисление и проверку значимости коэффициентов уравнения регрессии;

– проверку адекватности регрессионной модели.

Переход от действительных значений факторов к кодированным производили по формулам

$$X_i = \frac{x_i - x_{0i}}{\Delta x_i}, \quad (4.8)$$

$$\Delta x = \frac{x_{iv} - x_{in}}{2}, \quad (4.9)$$

где i – номер фактора;

x_i – значение i -го фактора в натуральных единицах;

X_i – кодированное значение i -го фактора;

x_{0i} – основной уровень i -го фактора;

x_{iv} – верхний уровень i -го фактора;

x_{in} – нижний уровень i -го фактора;

Δx_i – интервал варьирования i -го фактора.

Построение плана-матрицы с реализацией всех возможных сочетаний комбинаций уровней факторов приведено в таблице 4.3

Таблица 4.3 План-матрица ПФЭ

| Номер строки плана | Факторы | |
|--------------------|---------|-------|
| | X_1 | X_2 |
| 1 | - | - |
| 2 | + | - |
| 3 | - | + |
| 4 | + | + |

Тогда для нашего изучаемого процесса математическая модель первого порядка имеет вид

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2, \quad (4.10)$$

где b_0, b_1, b_2 – коэффициенты регрессии;

Y – расчетное значение критерии оптимизации;

X_1, X_2 – независимые переменные;

Средние значения показателя отклика (параметр оптимизации) определили по формуле

$$Y_u = \frac{\sum_{j=1}^m Y_{uj}}{m}, \quad (4.11)$$

где Y_u – среднее арифметическое из m параллельных измерений в строке с номером u ;

Y_{ij} – j -е значение параметра Y при измерениях в строке плана с номером u ;

m – количество опытов.

Построчную дисперсию S_u^2 определяем по формуле

$$S_u^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (Y_u - Y_{uj})^2}{m - 1} \quad (4.12)$$

Для проверки гипотезы однородности дисперсий и воспроизводимости измерений воспользуемся критерием Кохрена G

$$G = \frac{S_{u_{max}}^2}{\sum S_u^2}. \quad (4.13)$$

Ошибку опытов S_0^2 и равную ей дисперсию воспроизводимости S_y^2 определили по формуле

$$S_0^2 = S_y^2 = \frac{\sum S_u^2}{N} \quad (4.14)$$

Коэффициент регрессии определили по формуле

$$b_i = \frac{\sum X_{iu} Y_u}{N} \quad (4.15)$$

Коэффициент b_{12} рассчитывали как

$$b_{ij} = \frac{\sum X_{iu} \cdot X_{ju} \cdot Y_u}{N} \quad (4.16)$$

Для проверки гипотезы о значимости коэффициентов регрессии для каждого коэффициента вычисляли значения t -критерия Стьюдента по формуле

$$t_i = \frac{|b_i|}{S_{b_i}}, \quad t_{ij} = \frac{|b_{ij}|}{S_{b_{ij}}}, \quad t_{ii} = \frac{|b_{ii}|}{S_{b_{ii}}}, \quad (4.17)$$

Дисперсию коэффициентов регрессии по формуле

$$S_{b_i}^2 = \frac{S_y^2}{Nm}. \quad (4.18)$$

Оценку дисперсии адекватности модели S_{ad}^2 определяли по формуле

$$S_{ad}^2 = \frac{m}{N - l} \sum (\hat{Y}_u - Y_u)^2, \quad (4.19)$$

После чего проверяли адекватность модели по критерию Фишера

$$F = \frac{S_{ад.}^2}{S_y^2}. \quad (4.20)$$

После начала обработки семян (препаратом раксил, имеющим красный цвет) были сделаны отборы проб по разработанной методике. Пробы были уложены в чаши Петри и сфотографированы цифровым фотоаппаратом, закрепленным на штативе. Полученные изображения были загружены в Notebook, с последующей обработкой в программе Photoshop. Обработка рисунка сводится к тому, чтобы определить уровень серого в скопированном изображении. Уровень серого (среднее значение серого) в изображении определяется значением от 0 до 255, при этом 0 соответствует черному цвету, 255-белому.

Значения K_1 и K_2 (формула 4.7) зависят от множества факторов: освещенность, расстояние от фотоаппарата до образца, запыленность помещения и т.д. Во время проведения лабораторно и лабораторно-полевых опытов в СПК «Дружба» Благовещенского района РБ, СПК «им. XXII партсъезда» Илишевского района РБ были определены следующие значения: $K_1=74,02$, $K_2=214,57$.

Исследования проводились в следующем порядке. С целью определения оптимального значения радиуса кривошипа были сняты по три образца обработанного материала для ряда значений $R_3=0,003...0,051$ м с шагом 0,003м. Для каждого образца была сделана фотография и определен уровень серого K_i (таблица 4.4).

Таблица 4.4 Результаты определения значений уровня серого K_i

| R_3 | Уровень серого, K_i | | | |
|-------|-----------------------|--------|----------|----------|
| | №1 | №2 | №3 | Ср. зн. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0 | 166,48 | 165,93 | 166,2398 | 166,2166 |
| 0,003 | 159,41 | 159,01 | 160,0327 | 159,4842 |
| 0,006 | 156,11 | 156,01 | 155,918 | 156,0127 |
| 0,009 | 153,51 | 153,74 | 153,8729 | 153,7076 |
| 0,012 | 151,99 | 152,12 | 151,9953 | 152,0351 |
| 0,015 | 149,85 | 150,66 | 151,0414 | 150,5171 |
| 0,018 | 149,35 | 149,15 | 149,2144 | 149,2381 |
| 0,021 | 148,05 | 148,58 | 147,5004 | 148,0435 |
| 0,024 | 147,55 | 146,68 | 146,991 | 147,0737 |
| 0,027 | 146,33 | 146,59 | 145,9819 | 146,3006 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------|--------|--------|----------|----------|
| 0,03 | 144,98 | 145,73 | 146,7583 | 145,8228 |
| 0,033 | 145,89 | 145,01 | 145,3877 | 145,4292 |
| 0,036 | 144,92 | 145,63 | 144,9366 | 145,1622 |
| 0,039 | 145,11 | 145,61 | 144,3449 | 145,0216 |
| 0,042 | 144,83 | 144,52 | 145,4198 | 144,9233 |
| 0,045 | 144,58 | 145,21 | 144,769 | 144,853 |
| 0,048 | 144,56 | 144,89 | 144,9403 | 144,7968 |
| 0,051 | 144,71 | 144,82 | 144,8181 | 144,7827 |

По данным K_i был определен процент насыщения цветом, который характеризует равномерность покрытия поверхности семян препаратом (таблица 4.5).

Таблица 4.5 Результаты определения значений процента насыщения цветом

| R_3 | Процент насыщения цветом Π_n , % |
|-------|--------------------------------------|
| 0 | 88,903 |
| 0,003 | 89,193 |
| 0,006 | 91,663 |
| 0,009 | 93,303 |
| 0,012 | 94,493 |
| 0,015 | 95,173 |
| 0,018 | 95,483 |
| 0,021 | 96,033 |
| 0,024 | 96,923 |
| 0,027 | 97,073 |
| 0,03 | 97,813 |
| 0,033 | 97,893 |
| 0,036 | 97,983 |
| 0,039 | 97,993 |
| 0,042 | 97,852 |
| 0,045 | 97,403 |
| 0,048 | 97,043 |
| 0,051 | 96,953 |

По данным таблицы 4.5 строим график зависимости процента насыщения цветом от значения радиуса кривошипа (рисунок 4.24).

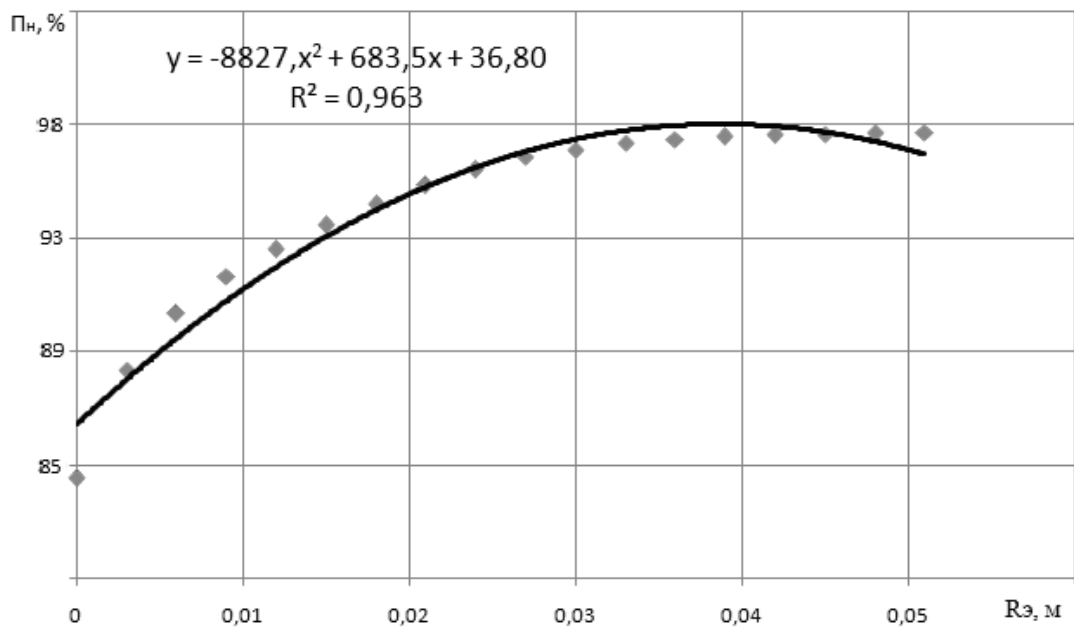


Рисунок 4.24 График зависимости процента насыщения цветом от значения радиуса кривошипа

По графику видно, что значение P_n растет с увеличением величины радиуса кривошипа по всему ряду $R_z=0,003...0,051$ м, при этом приращение значения P_n выше $R_z=0.033$ незначительно. Учитывая, что рост значения R_z приводит к увеличению вибрации, шумности работы установки и росту доли поврежденных от удара семян, принимаем оптимальное значение $R_z=0.027...0.033$ м, что и было установлено в ходе теоретических исследований.

Для определения оптимального значения ω_3 применялась аналогичная методика, для ряда значений $\omega_3=-8; -6; -4; -2; 2; 4; 6; 8 \text{ с}^{-1}$, принятых во время теоретических исследований, отбирали пробы обработанного материала (для каждого значения ω_3 по три повторности). Результаты обработки фотографий проб были занесены в таблицу 4.6.

Таблица 4.6 Результаты определения значений процента насыщения цветом

| $\omega_3, \text{с}^{-1}$ | Уровень серого, K_i | | | | Процент насыщения цветом, % |
|---------------------------|-----------------------|--------|----------|----------|-----------------------------|
| | №1 | №2 | №3 | Ср. зн. | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| -8 | 154,15 | 154,42 | 154,5051 | 154,3584 | 91,84 |
| -6 | 154,95 | 154,76 | 154,7566 | 154,8222 | 89,51 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|--------|--------|----------|----------|-------|
| -4 | 155,98 | 156,85 | 157,2867 | 156,7056 | 89,17 |
| -2 | 160,84 | 161,46 | 161,5625 | 161,2875 | 87,91 |
| 2 | 158,11 | 158,52 | 157,9984 | 158,2095 | 88,10 |
| 4 | 151,23 | 150,24 | 149,8411 | 150,437 | 90,63 |
| 6 | 147,93 | 147,74 | 147,8827 | 147,8509 | 92,47 |
| 8 | 147,2 | 147,14 | 147,1888 | 147,1763 | 94,95 |

По данным таблицы 4.6 был построен график зависимости процента насыщения цветом от значения угловой скорости кривошипа (рисунок 4.25).

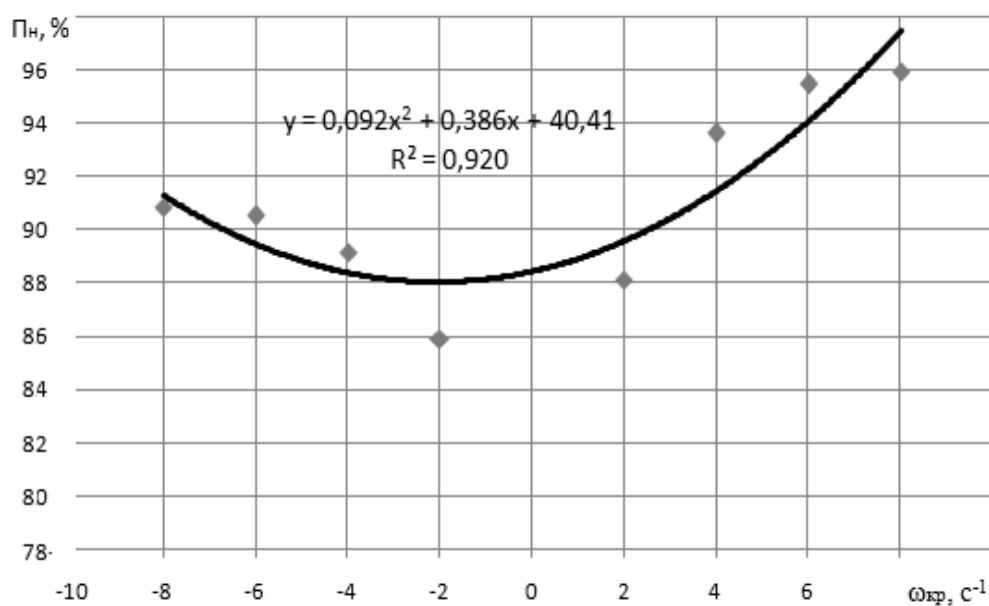


Рисунок 4.25 График зависимости процента насыщения цветом от значения частоты вращения кривошипа

Как видно из графика 4.25, минимальное значение процента насыщения цветом лежит в пределах, когда угловая скорость кривошипа минимальна. С ростом угловой скорости кривошипа растет и процент насыщения цветом, соответственно повышается и равномерность покрытия семян препаратом. Из графика видно, что рост насыщения цветом идет быстрее при вращении эксцентриситета в направлении, совпадающим с направлением вращения барабана. Таким образом, экспериментальные исследования подтверждают данные, полученные в ходе теоретических исследований, а именно влияние конструктивно-технологических параметров протравлива-

теля с эксцентрично закрепленным барабаном на качество его обработки.

Значения диаметра и длины барабана были приняты на основе обеспечения не менее шестикратной обработки зерновки аэрозолью, в соответствии с общепринятой теорией перемещения зерна в барабане. Для обеспечения производительности 4 т/ч протравливатель должен иметь следующие конструктивные параметры: диаметр барабана $D_6 = 0,5$ м; длина $L_6 = 1,5$ м, а угол наклона барабана должен быть выполнен с возможностью изменения в интервале $\theta = 6 \dots 10^\circ$ [216-217, 230].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основная причина значительных потерь урожая сельскохозяйственных культур от болезней и вредителей заключается в том, что существующие технические средства для предпосевной обработки семенного материала не обеспечивают необходимого качества обработки, повреждают посевной материал, экологически небезопасны и не предназначены для работы с биопрепаратами.

В связи с чем в работе рассмотрены технологии и технические средства предпосевной обработки семенного материала сельскохозяйственных культур, приведены необходимые сведения о физических способах обеззараживания семенного материала, протравливании, инкрустации семян сельскохозяйственных культур защитно-стимулирующими веществами и биопрепаратами.

Для устранения вышеперечисленных недостатков и предложений по рациональным режимам и параметрам технических средств разработаны:

1. Имитационная модель процесса предпосевной обработки клубней дисковым протравливателем с полученными зависимостями для численного воспроизведения процесса образования «первичной» капли кромкой погружного диска и «вторичной» капли при ударе о рассекатель дискового протравливателя. На основе машинных экспериментов с имитационной моделью, проведенных с помощью математической системы Mathcad, установлено, что «вторичные» капли менее 50 мкм могут образовываться из «первичных»- 280 мкм при ударах со скоростью более 20 м/с. Определены наиболее существенные факторы, влияющие на образование капель аэрозоля: линейная скорость схода «первичной» капли (2 м/с) и скорость соударения (20 м/с). На основе полученных результатов обоснована схема, конструктивные параметры и оптимальные режимы работы протравливателя клубней картофеля, обеспечивающих максимальную производительность при заданном качестве обработки и повышающих экологичность работы. Оптимальная работа протравливателя обеспечивается при оборотах погружного диска 2500...2800 об/мин, глубине погружения дисков 5-7 мм, диаметре и толщине дисков соответственно 0,075 м и 2...3 мм. С учетом расположения решета 200 мм, угла распыла жидкости – 30°, ширины решета – 500 мм общее количество дисков составляет 5 шт.

2. Математическая модель процесса предпосевной обработки семян барабанным протравливателем с нестационарным режимом движения, позволяющие рассчитать оптимальное значение радиуса кривошипа барабана, при котором семя в нестационарном режиме работы барабана производит максимальный по времени полет, а значит, имеет возможность наиболее полно покрываться обрабатываемым препаратом. На основе проведенных теоретических исследований движения семени в эксцентрично закрепленном барабане с использованием программы Mathcad установлено, что суммарное время полета семян внутри барабана растет с увеличением радиуса его кривошипа до 0,03 м. и совпадении направления вращения кривошипа с направлением его вращения. Определены конструктивно-технологические параметры протравливателя при которых получается качественное покрытие семян препаратом: радиус кривошипа $R_3=0,03$ м; частота вращения кривошипа $\omega_3=6$ с⁻¹, причем направление вращения эксцентриситета совпадает с направлением вращения барабана. Для обеспечения производительности 4 т/ч протравливатель должен иметь следующие конструктивные параметры: диаметр барабана $D_6 = 0,5$ м; длина $L_6 = 1,5$ м, а угол наклона барабана должен быть выполнен с возможностью изменения в интервале $\theta = 6...10^\circ$.

3. Аэродинамическая модель процесса предпосевной обработки семян барабанным инкрустатором, позволяющая более полно оценить характер движения воздушных потоков в барабане и определить пути совершенствования инкрустатора. Моделирование аэродинамических процессов происходило в пакетах программ КОМПАС-3D и FLOWVISION. Выявлено, что использование встречных или турбулентных воздушных потоков обеспечивает качественное покрытие семян аэрозолями и порошкообразными препаратами.

Определена реакция микроорганизмов используемых в биопрепаратах на избыточное статическое давление, транспортировку под давлением по трубопроводу с арматурой, воздействие шестеренчатого насоса, механического перемешивания, создание аэрозоля дисковыми и гидравлическими распылителями. Длительное воздействие (перемешивание, транспортировка и т.д.) снижает активность микроорганизмов до 50%. Таким образом, использование машин, осуществляющих механическое перемешивание, даже при непродолжительном воздействии вызывает снижение жизнеспособ-

ности и (или) гибель используемых в составе биопрепаратов микроорганизмов. Отмечено, что применение биопрепаратов в барабанных устройствах не производит негативного воздействия на микроорганизмы.

Установлены режимы микроволновой обработки уничтожающие болезнетворные микроорганизмы без снижения всхожести семян. Анализ зараженности семян и сохранности инфекционного инокулюма показал, что при мощности 300–450 Вт. и экспозиции 20 сек. число колоний фитопатогенных грибов уменьшилось по сравнению с контролем на 21%, а процент зараженности составил 23–40% по сравнению со 100% в контроле.

В результате усовершенствованы существующие и созданы новые технические устройства предпосевной обработки семенного материала.

Разработаны, защищены патентами и прошли производственные испытания технические устройства предпосевной обработки семян и клубней – дисковый протравливатель клубней ПКД-20, барабанные протравливатели семян ПСБ-1,5, ПСБ-4,0, ПСБ-10, барабанный инкрустатор семян БИС-4,0. В 1998–2012 гг. ими обработаны семена и клубни в учхозе «Миловское» Башкирского ГАУ, опытных полях УНЦ Башкирского ГАУ, СПК «Дружба» Благовещенского района, СПК им. «XXII партсъезда» Илишевского района, КФХ «Куваши» Дюртюлинского района Республики Башкортостан.

Использование дискового протравливателя клубней ПКД-20 при предпосевной обработке снижает зараженность клубней от болезней на 12-19%, повреждение клубней уменьшает на 1,2%, степень покрытия клубней увеличивает на 7,3% по сравнению с серийным протравливателем, что обеспечивает получение дополнительной продукции. Уменьшается расход рабочей жидкости на 2,94 л/мин. Экономический эффект от применения протравливателя составляет 320 руб./га.

Использование барабанного протравливателя семян ПСБ-4,0 за счет повышения качества обработки семян биопрепаратами во время их предпосевной обработки повышает урожайность пшеницы на 12,7%. Экономический эффект от применения протравливателя составляет 245 руб./га.

Результаты испытаний барабанного инкрустатора семян БИС-4,0 подтверждает высокую эффективность предложенных технических решений: повышение урожайности на 14,6%;

увеличение полевой всхожести на 7,5%; повышение плотности продуктивного стеблестоя на 5,3%; увеличение массы зерна с одного колоса на 2, %. Экономический эффект от применения протравливателя составляет 296 руб./га.

Научный проект «Установка для обработки корнеклубнеплодов и фруктов химическими и биологическими препаратами» получил диплом финалиста конкурса инновационных проектов 2005 г. Республики Башкортостан. Тема «Разработка способов и машин для предпосевной обработки семян» вошла в 2007 г. в каталог инновационных проектов Республики Башкортостан. Протравливатель семян ПСБ-1,5 получил диплом участника выставки-форума Инновации.Инвестиции (г.Уфа) в 2007 г. Опытный образец протравливателя семян барабанного ПСБ-1,5 отмечен на IV межрегиональном научно-практическом семинаре «Севообороты, обработка почвы, ресурсосберегающие технологии возделывания, сорта и семена сельскохозяйственных культур» на базе учебно-научного центра Башкирского ГАУ (п. Ягодная поляна, Уфимский район) в 2007 г. Усовершенствованные конструкции протравливателей ПСБ-4 удостоены 2 дипломов 2 степени (XVIII специализированная выставка «Агрокомплекс-2008», XIX специализированная выставка «Агрокомплекс-2009»), победителем конкурса «Десять лучших инновационных идей Башкортостана» в 2008 г. Барабанный инкрустатор семян БИС-4 был победителем конкурса «Десять лучших инновационных идей Башкортостана» в 2010 г. Усовершенствованный барабанный протравливатель-инкрустатор БИС-4 получил диплом 2 степени и серебряную медаль на XXI специализированной выставке «Агрокомплекс-2011», был отмечен на республиканских семинарах–совещаниях по уборке зерновых и зернобобовых культур, засыпке семян, посеву озимых в 2011 и 2012 годах. Разработанная конструкция барабанного инкрустатора семян награждена золотой медалью XIV Российской агропромышленной выставки «Золотая осень – 2012» (г. Москва).

Результаты исследований использованы при формировании «Системы машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства Республики Башкортостан на 2013-2020 годы», при выполнении тематического плана-задания на выполнение научно-исследовательских работ по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета в 2012 г., № 177 НИР, «Разработка технологии протравливания и инкрустации микро-

элементами и биопрепаратами семян сельскохозяйственных культур и обоснование рациональных параметров конструкции устройств для их технической реализации». Исследования технологий предпосевной обработки семенного материала сельскохозяйственных культур биопрепаратами и технические средства для их осуществления выполнялись в рамках грантов фонда содействия развития малых предприятий в научно-технической сфере при поддержке программы Старт с выполнением государственных контрактов № 4822p/7290 от 26.04.2007 г. «Разработка новых многофункциональных биофунгицидов и способов их применения для повышения урожайности сельскохозяйственных культур» и № 7744p/11499 от 15.04.2010 г. «Выделение эффективных штаммов *Phizobium galegae* и определение оптимальных технологических параметров и режимов работы, разработка экспериментальных образцов устройства для внесения консервантов и протравливателя мелкосеменных культур.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.с. №1748690 Россия, МПК Способ предпосевной обработки семян. Б.И. №27, 1992 г.
2. А.с. №2076556 RU, МПК Способ предпосевной стимуляции и хранения семян/ Оpubл. 10.04.1997 г.
3. А.с. №2185714 RU, МПК А 01 С1/00. Способ обработки семян и устройство для его осуществления / Г.А. Морозов, Н.М. Ведерников, Н.Г. Воробьев и др.2000121807; заявл.08.08.2000; опубл. 27.07.2002 г.
4. А.с. №2279202.Способ и установка промышленной предпосевной обработки семян. Оpubл. 10.07.2006 г. Бюл. № 19.
5. А.с. №2289903 Россия, МПК А 01 С1/00. Способ предпосевной стимуляции и хранения семян / В.И. Левин, А. В. Добродей. – 2005112553; заявл. 25.04.2005; опубл. 27.12.2006 г.
6. А.с. 660612 СССР МКИ А 01 С 1/00. Способ предпосевной обработки семян/ Краденов В.П. и др. Оpubл. в Б.И. , 1979, бюл. №7.
7. А.с. 2239970 РФ, А 01 С 1/06. Установка для жидкостной обработки корнеклубнеплодов/ Р.Р. Камалетдинов, Э.Р. Хасанов, М.А. Варисов. Оpubл. 20.11.2004. Бюл. № 32.
8. Агибалов Е.И. Наладить выпуск протравителя картофеля// Картофель и овощи- 1988.- № 2.- С.12-13.
9. Агротехнические рекомендации по возделыванию сельскохозяйственных культур в Башкортостане/ под ред. Б.И. Петрова.- Уфа: Уфимский полиграфкомбинат, 1994.- 117 с.
10. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. 279с.
11. Адлер Ю.П., Варыгин В.Н. Планирование имитационных экспериментов// Клейнен Дж. Статистические методы в имитационном моделировании. Предисловие. -М.: Статистика, 1978.- 218 с.
12. Алябьева Н.Н. Влияние биопрепаратов на микологическую загрязненность хранящегося зерна / Н.Н. Алябьева // Защита и карантин растений. - 2010 - №3. - С. 34.
13. Анаников С.В., Талантов А.В., Азизов Б.М. О движении капли в потоке с изменяющейся скоростью//Инженерно-физический журнал - 1977. - Т.32. - № 1. - С.91-95.
14. Андреев В.А., Богомазов А.А. Протравливание клубней// Защита растений- 1985.- № 2.- С.24.

15. Астарита Дж., Марруччи Дж. Основы гидромеханики неньютоновских жидкостей. - М.: Мир, 1978. - 309 с.
16. Аэрозоли в сельском хозяйстве/ Фадеев Ю.Н.- М.: Колос, 1973.- 216 с.
17. Бабаянц О. Эффективный протравитель – гарант урожая и его высокого качества / О. Бабаянц //Защита и карантин растений. - 2009 - №8. - С. 27-29
18. Бабенко, А.А. СВЧ импульсная предпосевная обработка семян: дис... канд. техн. наук : 05.20.02 / Бабенко А.А. - М., 1993. - 137 с.
19. Байгускаров М.Х., Хасанов Э.Р. Исследование поведения зерна в эксцентрично закрепленном барабане протравливателя семян // Вестник Башкирского госагроуниверситета.- 2010.-№4.- С.35-39.
20. Байгускаров М.Х., Хасанов Э.Р. Расчет полета частицы внутри эксцентрично закрепленного вращающегося барабана протравливателя семян// Вестник Башкирского госагроуниверситета.- 2011.-№2.- С.42-45.
21. Байков В.И. Увлечение жидкости движущейся поверхностью/ Байков В.И., Шульман З.П. //Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. - 1985. - № 4. - С.17-21.
22. Балакшина, В.И. Фиторегуляторы повышают продуктивность зерновых культур / В.И. Балакшина, Г.П. Диконев // Земледелие. - 1996. - №5. - С. 33.
23. Барышев Ю.Н. Разбрызгивание жидкости быстро вращающимися дисками при взаимодействии с газовым потоком (прямоток) / Барышев Ю.Н., Вачагин Д.К., Николаев В.С. //Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. - 1974. - № 2. - С.163-165
24. Беленький Б.М. Экспериментальное исследование разрушения капли под действием газа, движущегося за ударной волной/ Беленький Б.М., Евсеев Г.А. //Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. - 1974. - № 2. - С.163-165
25. Биопрепараты в защите растений / М.В. Штерншис [и др.]. - Новосибирск, 2000. - 128 с.
26. Биометод находит поддержку / В.Г.Коваленков [и др.] // Защита и карантин растений. – 2008. - №11. - С. 14-17.
27. Биологическая защита растений / М.В. Штерншис, Ф.С.-У. Джалилов, И.В. Андреева; под ред. М.В. Штерншис. – М.: КолоС, 2004. – 264 с.
28. Борисов А.А. Разрушение капель жидкости в волнах разрежения/ Борисов А.А, Гельфанд Б.Е., Поленов А. Н., Тимофеев

- Е.И., Цыганов С.А. //Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. - 1986. - № 1. - С.165-168
29. Бондаренко Н.В. Биологическая защита растений / Н.В. Бондаренко. - М.: Агропромиздат, 1986. - 253 с.
30. Боровая В.П. Биопрепараты в защите озимого ячменя и бахчевых культур от болезней / В.П. Боровая // Защита и карантин растений. - 2009 - №11. - С. 34-35.
31. Бородин И.Ф.. Нанoeлектротехнология в семеноводстве// Применение нанотехнологий и наноматериалов в АПК: сб.докл. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – С.12-19
32. Бородин И.Ф., Г.А. Шарков, А.Д. Горин. Применение СВЧ–энергии в сельском хозяйстве. – М. «ВНИИТЭИагропром», 1987.- 49 с.
33. Буга С.Ф. Тактика применения протравителей семян озимых культур в Белоруссии / С.Ф. Буга, А.Г. Жуковский, А.Г. Ильюк // Защита и карантин растений. - 2009 - №8. - С. 22-25.
34. Бугаев, П. Хорошие семена - добрый урожай / П. Бугаев, В. Пыльнев // Сельский механизатор. - 2005. - N 5. - С. 26-27.
35. Буркина Р.С. Асимптотика решения задачи увлечения жидкости движущейся пластинкой / Буркина Р.С., Вилюнов В.Н. // Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. - 1980. - № 6. - С.52-56.
36. Бурмистров, А.Н. Особенности использования отечественных протравочных машин / А.Н. Бурмистров, Е.Н. Шебалин // Защита и карантин растений. - 2008 - №8. - С. 45-46.
37. Васильев В. Протравливание семян и урожай.//Зерновые культуры. – М.:1993. - №1. – с. 20-21.
38. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. – М.: Колос, 1973. – 199 с.
39. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с
40. Возняковская, Ю.М. Микрофлора растений и урожай / Ю.М. Возняковская. - Л.: Колос, 1969. - 240 с.
41. Волков С.М., Калашников К.Я., Шапиро Л.Д. Протравливание семян сельскохозяйственных культур. - Л.: Сельхозиздат, 1952. - 96 с.
42. Воловик А.С. Механизированная предпосадочная обработка клубней/ Воловик А.С., Зейрук В.И., Васильева С.В. // Картофель и овощи-1994.- № 2.- С. 2-4.

43. Волощук В.М. Введение в гидродинамику грубодисперсных аэрозолей. - Л.: Гидрометеиздат, 1971. - 208 с.
44. Волынский М.С. Изучение дробления капель в газовом потоке//Доклады АН СССР. - 1949. - Т.68. - № 2. - С.237-240
45. Воронин В.Б. Анализ деформации жидкой капли в потоке газа//Инженерно-физический журнал - 1986. - Т.50. - № 5. - С.743-747
46. Вьюгин С.М. Сравнительная эффективность псевдобактерина-2 и фундазола в защите яровой пшеницы / С.М. Вьюгин, Г.В. Вьюгина, М.М. Филимоненкова // Защита и карантин растений. - 2009 - №8. - С. 45.
47. Вялых В.А. Совершенствование и разработка технологий и технических средств защиты растений: дис... докт. техн. наук : 05.20.01 / Вялых В.А. - Рамонь, 2006. - 549 с.
48. Гаврилова, О.П. Фузариоз зерна на севере Нечерноземья и в Калининградской области в 2007-2008 гг. / О.П. Гаврилова, Т.Ю. Гагкаева // Защита и карантин растений. - 2010 - №2. - С.23-25.
49. Гагкаева, Т.Ю. Фузариоз зерновых культур / Т.Ю. Гагкаева, О.П. Гаврилова // Защита и карантин растений. - 2009 - №12. - С. 13-15.
50. Галиуллин Ш.Р. Установка нового поколения для многослойного инкрустирования семян: Сах.свекла, 2004; N 9. - С. 34-35.
51. Галиуллин Ш.Р. Расчет параметров эксцентрично закрепленного сушильного барабана / Ш.Р. Галиуллин, Р.Ш. Марданов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. - №3. – С. 39-41.
52. Ганеев Р. В. Визуализация движения воздушных потоков внутри инкрустатора-протравливателя семян сельскохозяйственных культур/ Ганеев Р. В., Хасанов Э.Р.// Материалы Второй международной молодежной научной конференции (форума) молодых ученых России и Германии «Научные исследования в современном мире: проблемы, перспективы, вызовы» ».- Уфа: БГАУ, 2012.-Ч.І.-С.28-33.
53. Ганеев Р.В. Моделирование движения воздушных потоков внутри инкрустатора-протравливателя семян/ Ганеев Р.В., Хасанов Э.Р. // Материалы Международной научно-практической конференции, в рамках XXIII Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2013».- Уфа: БГАУ, 2013.-Ч.І.-С.327-328.
54. Ганиев М.М., Недорезков В.Д. Химические средства защиты растений. - М.: Колос С, 2006. - 248 с. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

55. Ганиев М.М. Защита полевых культур (учебное пособие). М.М. Ганиев, В.Д. Недорезков, Р.М. Ганиев. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - Уфа: Изд-во БГАУ, 2003. - 535 с.
56. Гельцер Ф.Ю. Защита растений биологическим препаратами / Ф.Ю. Гельцер // Сельское хозяйство. - 1977. - №1. - С. 16-17.
57. Гельфанд Б.Е. Разновидности дробления капель в ударных волнах и их характеристики/Гельфанд Б.Е., Губин С.А., Когарко С.М. //Инженерно-физический журнал - 1974. - Т.27. - № 1. - С.119-126
58. Гельфанд Б.Е. Деформация струй и капель жидкости в сносимом газовом потоке/ Гельфанд Б.Е., Губин С.А., Когарко С.М. // Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. - 1971. - № 3. - С.82-87.
59. Гельфанд Б.Е. Разрушение капель жидкости в потоке за ударными волнами с треугольным профилем изменения скорости газа/Гельфанд Б.Е., Губин С.А., Когарко С.М. //Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. - 1973. - № 5. - С.54-60
60. Гельфанд Б.Е. Особенности разрушения капель вязкой жидкости в ударных волнах /Гельфанд Б.Е., Губин С.А., Когарко С.М. //Инженерно-физический журнал - 1973. - Т.25. - № 3. - С.467-470.
61. Гирин А.Г. Гидродинамическая неустойчивость и режимы дробления капель//Инженерно-физический журнал - 1985. - Т.48. - № 5. - С.771-776.
62. Горина И.Н. Отбор образцов семян для проверки качества протравливания/ И.Н. Горина //Защита и карантин растений. - 2009 - №8. - С. 26-27.
63. Горина И.Н. Качество протравливания надо контролировать / И.Н. Горина // Защита и карантин растений. - 2009 - №2. - С. 22.
64. ГОСТ 8.207-76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. – Введ. 01.07.1977. – М.: Изд-во стандартов. 1976. – 10с.
65. Гонор А.Л. Торможение и деформация жидкой капли в потоке газа/ Гонор А.Л., Золотова Н.В. //Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. - 1981. - № 2. - С.58-69
66. Гонор А.Л. Удар капли по твердой поверхности/ Гонор А.Л., Яковлев В.Я. //Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. - 1977. - № 5. - С.151-155
67. Гонор А.Л. Динамика удара капли по твердой поверхности /Гонор А.Л., Яковлев В.Я. //Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. - 1978. - № 1. - С.36-43.

68. Гурский Н.Г. Урожай начинается с семян / Н.Г. Гурский, Е.А. Коптева // Защита и карантин растений. - 2009 - №7. - С. 12-13.
69. Дзюба В.И. Механизация обработки клубней ТМТД/ Дзюба В.И., Верменко Ю.Я., Березовский П.И., Кононученко В.Н., Карасюк М.И. // Картофель и овощи – 1977.- № 3. – С.8-9
70. Дитякин Ю.Ф., Клячко Л.А., Новиков Б.В., Ягодкин В.И. Распыливание жидкостей. - М.: Машиностроение, 1977. - 208 с.
71. Дорозов А. Влияние предпосевной обработки семян Пектином и микроэлементами на качество урожая озимой пшеницы, гороха и сои /Дорозов А., Исайчев В., Андреев Н. // Зерновое хозяйство. – М.: 2001. - №1(4). – с. 31-33.
72. Дринча В.М., Цыдендоржиев Б., Кубеев Е.И. Основные принципы предпосевного химического протравливания и физического обеззараживания семян//Аграрный эксперт.- 2009.- № 3.
73. Дунай Н.Ф., Рябцев Г.А., Слободюк П.И. Механизация защиты растений. – М.: Колос, 1979. – 272с.
74. Дунский В.Ф., Никитин Н.В., Соколов М.С. Пестицидные аэрозоли. - М.: Наука, 1982. - 288 с.
75. Дунский В.Ф., Никитин Н.В., Соколов М.С. Монодисперсные аэрозоли. - М.: Наука, 1975. - 188 с.
76. Дунский В.Ф. Распыление жидкости вращающимся диском и вопрос о «вторичном» дроблении капель/Дунский В.Ф., Никитин Н.В.//Инженерно-физический журнал - 1965. - Т.9. - № 1. - С.54-60
77. Дунский В.Ф. Испарение жидкости при распылении ее вращающимся диском / Дунский В.Ф., Никитин Н.В., Шульгинова Г.А. //Инженерно-физический журнал - 1979. - Т.37. - № 3. - С.465-471
78. Дунский В.Ф. Распыление жидкости вращающимся распылителем при обдуве его воздушным потоком/ Дунский В.Ф., Никитин Н.В. // Инженерно-физический журнал - 1983. - Т.44. - № 3. - С.390-396.
79. Евтушенко Г.А. Влияние электромагнитных токов высокой частоты на рост и развитие растений // Г.А. Евтушенко // Советская Ботаника. – 1939. №1. – С. 75-81.
80. Егорычева, М.Т. Эффективность предпосевного протравливания семян / М.Т. Егорычева, С.В. Бурлакова // Защита и карантин растений. - 2009 - №8. - С. 43-44.
81. Емелин Б.Н. Исследование новой технологии протравливания семян: автореф.дис... степени канд. техн. наук. - Саратов, 1970.

82. Ефимченко В.И. Пункт протравливания семян/В.И. Ефимченко//Техника в сельском хозяйстве.-1984.-№2.-С.20.
83. Желудков, Г.А. Хозяйствовать с умом и расчетом / Г.А. Желудков, В.Г. Желудков // Защита и карантин растений. - 2009 - №2. - С. 11-12.
84. Житков С.П., Калашников К.Я. Подготовка семян к посеву.- Лениздат,1958-74 с.
85. Забуленис И.Ю. Агрегат для протравливания клубней// Картофель и овощи- 1987.- № 4.- С.19-20
86. Задорожная, В.А. Беспестицидные способы улучшения посевных и товарных качеств зерна твердой яровой пшеницы: автореф. дис... канд. с.-х. наук: 06.01.11 / В.А. Задорожная. - Воронеж: ВГАУ, 2003. - 19 с.
87. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков: справочник/ Воловик А.С., Глез В.М., Заматаев А.И. и др. – М.: Агропромиздат, 1989. – 205 с.
88. Защита озимых культур осенью / П.М. Политыко [и др.] // Защита и карантин растений. – 2008. - №8. - С. 20-22.
89. Захаренко В.А. Научные и организационно-экономические вопросы развития биометода защиты растений в России // Производство и применение биологических средств защиты растений от вредителей и болезней. - Одесса, 1994, кн. 1, с. 4-5.
90. Захаренко, В.А. Ресурсосбережение в защите растений /В.А. Захаренко // Защита и карантин растений. - 2009 - №11. - С. 4-9.
91. Заявка на патент 2004110343 Протравливатель семян / Артемьев В.Г., Курдюмов В.И.
92. Зейрук В.Н. Пути снижения потерь картофеля при хранении/ Зейрук В.Н., Пшеченков К.А., Сидякина И.И. // Защита и карантин растений. – 2001.- № 9. – С.40-41
93. Иванюк В.Г. Система защиты картофеля от болезней, вредителей и сорняков/ Иванюк В.Г., Банадысев С.А. // Картофель и овощи. – 2002.- № 4. – С.23-25
94. Ижик И.К. Полевая всхожесть семян. - К.: Урожай, 1976. - 200 с.
95. Интегрированная защита растений. М., Колос, 1981.
96. Инструкция по протравливанию семян сельскохозяйственных культур пленкообразующими составами на основе водорастворимых полимеров NaКМЦ и ПВС - М.: Россельхозиздат, 1986. - 18 с.

97. Инструкция по охране труда при предпосевной обработке семян, их хранении, транспортировке и высеве («Охрана труда и техника безопасности в сельском хозяйстве», М.: ЗАО «Сельхозиздат», 2012 г., № 4, с.80)
98. Иофинов А.П. Основы научных исследований.- Уфа: изд-во БГАУ, 2001.- 114 с.
99. Иофинов А.П. Использование машинных экспериментов при анализе протравливания корнеклубнеплодов/ Иофинов А.П., Камалетдинов Р.Р., Хасанов Э.Р. // Техника в сельском хозяйстве.- 2005.-№6.- С.13-16
100. Калашников К.Я. Протравливание семян сельскохозяйственных культур.- Л.: Сельхозиздат, 1961.- 84 с.
101. Калашников К.Я. Протравливание семян. - М.: 1961. - 62 с.
102. Калашников К.Я. Борьба с пыльной головней пшеницы. М - Л.: Сельхозиздат, 1955. - 64 с.
103. Калашников К.Я. Головня зерновых культур. Л. - М.: Сельхозиздат, 1962.- 88 с.
104. Камалетдинов Р.Р. Протравливатель клубней картофеля/ Камалетдинов Р.Р., Варисов М.А. // Совершенствование конструкций, методов эксплуатации и ремонта сельскохозяйственной техники: Сб.науч.тр./ БГАУ- Уфа: изд-во БГАУ, 1995.- С.40-42.
105. Камалетдинов Р.Р. Протравливание клубней- одна из важнейших операций при возделывании картофеля/ Камалетдинов Р.Р., Хасанов Э.Р. // Информац. бюллетень Минсельхозпрода РБ.- 2000.- № 9.- С.35-36.
106. Камалетдинов Р.Р. Имитационное моделирование процесса протравливания корнеклубнеплодов/ Камалетдинов Р.Р., Хасанов Э.Р. // Сборник трудов факультета механизации сельского хозяйства: Сб.науч.тр./ БГАУ- Уфа: изд-во БГАУ, 2001.- С.118-124.
107. Камалетдинов Р.Р. Исследование процесса протравливания корнеклубнеплодов с использованием методов имитационного моделирования/ Камалетдинов Р.Р., Хасанов Э.Р. // Механизация и электрификация сельского хозяйства.- 2005.-№11.- С.5-7.
108. Камалетдинов Р.Р. Установка для жидкостной обработки клубней картофеля / Камалетдинов Р.Р., Хасанов Э.Р. // Картофель и овощи.- 2006.-№7.- С.13-14.
109. Камалетдинов Р.Р. Протравливание клубней картофеля / Камалетдинов Р.Р., Хасанов Э.Р. // Сельский механизатор.- 2006.- №10.- С.12.

110. Камалетдинов Р.Р. Метод оценки качества аэрозольного покрытия/ Камалетдинов Р.Р., Хасанов Э.Р. // Техника в сельском хозяйстве.- 2007.-№5.- С.39-40.
111. Камалетдинов Р.Р. Установка для жидкостной обработки клубней/ Камалетдинов Р.Р., Хасанов Э.Р. // Главный агроном.- 2008.- №1.- С.60-61.
112. Камалетдинов Р.Р. Снижение повреждаемости семян при протравливании / Р.Р. Камалетдинов, Э.Р. Хасанов, Ф. Н. Галлямов, М.Х. Байгускаров / Научное обеспечение устойчивого функционирования и развития АПК. Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием в рамках XIX Международной специализированной выставки «АгроКомплекс-2009». Часть I. – Уфа: ФГОУ ВПО «Башкирский ГАУ», 2009. – С. 82-84.
113. Камалетдинов Р.Р. Особенности машин для обработки сельскохозяйственных культур биопрепаратами / Камалетдинов Р.Р., Хасанов Э.Р., Хайруллин Р.М., Сираев Р.Х., Минина Т.С. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 6. – С. 2-3.
114. Клявиньш У.В. Обработка клубней перед посадкой // Картофель и овощи – 1977.- № 5. – С.12-13.
115. Клименко В.И. Механизация обработки семенного картофеля// Механизация и электрификация с/х- 1989.- № 5.- С.13.
116. Колчин С.Н. Шнековый протравливатель ПНШ – 3.//Техника АПК – 2001. - №3. – с. 15.
117. Кондратьева, Н.П. Предпосевная обработка семян зерновых культур / Н.П. Кондратьева // Механизация и электрификация с/х. – 2002. - №8. – С. 9-10.
118. Корсунов Ю.А. Экспериментальные исследования дробления капель жидкости при низких значениях чисел Рейнольдса / Корсунов Ю.А., Тишин А.П. //Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. - 1971. - № 2. - С.182-185.
119. Кононученко Н.В. Оборудование ОПК-1 для протравливания клубней/ Кононученко Н.В., Агибалов Е.И., Мельников Е.С., Мелешкевич А.А. // Картофель и овощи – 1989.- № 1. – С.31-32.
120. Комплексная предпосевная обработка семян сельскохозяйственных культур протравителями, микроэлементами и пленкообразующими препаратами: краткая инструкция / Всероссийское научное объединение «Россельхозхимия».- М.: МСХ РСФСР, 1984.-8с.

121. Краткий справочник агронома/ П.А. Забазный, Ю.П. Буряков, Ю.Г. Карцев.-М.: Колос,1983.- 320 с.
122. Куликова М.В. Эффективное использование современных средств химизации // Агроинформ. - 1999. - №12. - С. 41-43
123. Кульман А. Искусственные структурообразователи почвы/ Перевод с нем. И предисл. Н.Г. Ракипова. – М.: Колос. – 1982 – 158 с.
124. Ландау Л.Д. Собрание трудов.- М.: Наука, 1969.- 512 с.
125. Левин Л.М. Исследования по физике грубодисперсных аэрозолей. - М.: Изд-во АН СССР, 1961. - 268 с.
126. Лепехин Н.С. Что дает протравливание семян.//Защита растений. – М.: - 1994. - №3. – с. 39.
127. Летошнев, М.Н. Сельскохозяйственные машины: теория, расчет, проектирование и испытание / М.Н. Летошнев. – М.: Ленинград, 1955. – 764 с.
128. Листопад Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г.Е. Листопад, Г.К. Демидов, Б.Д.Зонов и [и др.]. - М.: Агропромиздат, 1986. - 688 с .
129. Лурье А.Б. Сельскохозяйственные машины. / Лурье А.Б., Еникеев В.Г., Теплинский И.З., Смелик В.А. - Санкт-Петербург: изд-во СПбГАУ, 1998. - 366 с.
130. Мартынюк М.М. Роль перегрева капель в процессе нестационарного капельного охлаждения высокотемпературной стенки // Инженерно-физический журнал - 1986. - Т.51. - № 1. - С.128-136.
131. Маслов Г.Г. Экологические аспекты механизированного возделывания/ Маслов Г.Г., Трубилин Е.И., Таран А.Д., Борисова С.М. //Сахарная свекла. – М.: 1995. - №6. – с. 11-12.
132. Маслов Г.Г. Струйный эжекторный распылитель / Маслов Г.Г., Борисова С.М. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М.: 1994. - №7. – с. 8-9.
133. Методические указания по протравливанию семян сельскохозяйственных культур. М., Колос, 1984. - 48 с.
134. Монастырский, О.А. Вредоносность возбудителей фузариоза зерна пшеницы / О.А. Монастырский, Т.В. Першакова, Е.В. Кузнецова // Защита и карантин растений. - 2009 - №7. - С. 16-17.
135. Микроскоп биологический исследовательский универсальный МБИ-15/ техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Л.: трижды ордена Ленина ленинградское оптико-механическое объединение им. В.И.Ленина- 1986.- 44 с.

136. Методические указания по определению качества предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур пестицидами. М.: ООО «Столичная типография», 2008. – 58 с.
137. Наумов Е.М. Исследование процесса послеуборочной очистки поверхности семян пшеницы в электростатическом поле: Автореф. дис. канд. техн. наук. - Челябинск, 1975. - 26 с.
138. Наумова Н.А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию. - Л.: Колос, 1970 - 208 с.
139. Научно обоснованные системы земледелия по зонам Башкирской АССР/ под ред. Н.Р. Бахтизина.- Уфа: Башк. кн. изд-во, 1990.- 264 с.
140. Недорезков В.Д. Совместимость фитоспорина-М с химическими пестицидами / В.Д.Недорезков, М.Я. Менликиев // Защита и карантин растений. - 2004. - №1. - С. 28-29.
141. Немченко В.В. Необходим Дифференцированный подход // Немченко В.В. и [др.] // Защита и карантин растений. 2003. - №1. С. 19-20.
142. Ниязов А.М. Предпосевная обработка семян ячменя в электростатическом поле: Дис. канд. техн. наук: 05.20.02 / Ижевская ГСА, 2001. – 125.
143. Никольская Ж.В. Современные методы защиты семян с использованием искусственных оболочек (обзорная информация). - М., 1987. - 46 с.
144. Нижарадзе Т. С. Сравнительная оценка влияния физических, химических и биологических методов предпосевной обработки семян на устойчивость к болезням, развитие и продуктивность зерновых культур в лесостепи Среднего Поволжья: Дис. канд. биол. наук: 06.01.11 / Самарская ГСХА, 2004. - 168 с.
145. Нуртдинов Т.И. Обоснование конструкций картофелесажалок с одновременным протравливанием клубней / Нуртдинов Т.И., Хасанов Э.Р. // Материалы Международной научно-практической конференции, в рамках XXIII Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2013».- Уфа: БГАУ, 2013.-Ч.I.-С.367-369
146. Обработка семян ядохимикатами в сеялке // Земледелие. – 2000. – № 3. – С. 38.
147. Образцов А.С. Системный метод: применение в земледелии.- М.: Агропромиздат, 1990.- 303 с.

148. Осташевский И.Я. Исследование процесса обработки семян комплексом защитных и питательных веществ в протравливателе камерного типа с перекрестным движением компонентов // Эффективные приемы и способы борьбы с болезнями сахарной свеклы/ Сб. научн.трудов ВНИС.- Киев, 1975.- С. 101-108.

149. Осипцов А.Н. Обтекание поверхности аэродисперсным потоком с образованием жидкой пленки из осаждающихся частиц / Осипцов А.Н., Шапиро Е.Г. // Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. - 1989. - № 4. - С.85-92

150. Охотский В. Б. О критерии дробления капель и струй жидкости//Инженерно-физический журнал - 1985. - Т.49. - № 3. - С.428-431

151. Павлов И.Ф. Защита полевых культур от вредителей/ И.Ф. Павлов//2-е изд., доп. и перераб.-М.: Россельхозиздат, 1987.-256с.

152. Павлова В.В. От чего зависит эффективность протравителей зерновых/В.В. Павлова// Защита растений.-1996.-№3.- С.40-42.

153. Патент на изобретение № 2144754 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 С1/08. Устройство для обработки семян в сеялке/ Мясенко В.И., Дементьев Д.Ю., Трушков Н.В., Колмагоров А.Б., Альтерготт А.А.; заявитель и патентообладатель Кемеровский СХИ.- заявл. 20.07.98; опубл. 27.01.2000; Бюл. №13

154. Патент на изобретение № 2346422. Камалетдинов Р.Р., Хайруллин Р.М., Хасанов Э.Р., Сираев Р.Х. Устройство для протравливания семян. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений РФ 20.02.09 г.

155. Патент на изобретение № 2354097. Камалетдинов Р.Р., Хасанов Э.Р., Сираев Р.Х. Устройство для предпосевной обработки семян. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений РФ 10.05.09 г.

156. Патент на полезную модель № 87600. Камалетдинов Р.Р., Хасанов Э.Р., Хайруллин Р.М., Байгускаров М.Х. Устройство для предпосевной обработки семян. Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей РФ 20.10.09 г.

157. Патент на изобретение № 2395953. Байгускаров М.Х., Камалетдинов Р.Р., Хасанов Э.Р. Устройство для предпосевной обработки семян. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений РФ 10.08.10 г.

158. Патент на изобретение № 2409015. Байгускаров М.Х., Камалетдинов Р.Р., Хасанов Э.Р. Устройство для предпосевной обработки семян. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений РФ 20.01.11 г.
159. Патент на изобретение № 2459401. Камалетдинов Р.Р., Хасанов Э.Р., Галлямов Ф.Н. Устройство для предпосевной обработки семян. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений РФ 27.08.12 г.
160. Патент 2217897 РФ, МПК А01С 1/08. Протравливатель семян/ Е.А. Сигаев и др.; заявитель и патентообладатель ЗАО «Агро». - № 99124343/12; заявл. 16.11.99; опубл. 10.12.03.
161. Пахомов В.И. Активизация посевных свойств семян СВЧ-обработкой/ Пахомов В.И., Ионова Е.В. //Механизация и электрификация с.х.- 2004.- № 4.- С. 5-6.
162. Пажи Д.Г. Основы техники распыливания жидкостей / Пажи Д.Г., Галустов В.С. - М.: Химия, 1984. - 256 с.
163. Пеев Г. Толщина пленки, получаемой при вертикальном извлечении пластины из суспензии, описываемой моделью Шведова-Бингама/ Пеев Г., Кыршева М. //Инженерно-физический журнал - 1988. - Т.55. - № 6. - С.920-924.
164. Пшеченков К.А. Как лучше сохранить картофель // Картофель и овощи. – 1998.- № 6. – С.8-9.
165. Пшеченков К.А. Условия и способы хранения картофеля в зависимости от назначения продукции/ Пшеченков К.А., Давыденкова О.Н. // Картофель и овощи. – 2001.- № 6. – С.5-8.
166. Пшеченков К.А. Технология подготовки семенного материала и посадки картофеля// Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2002.- № 8. – С.33-36.
167. Пшеченков К.А. Обработка семенных клубней ядохимикатами/ Пшеченков К.А., Фирсенков А.И. // Картофель и овощи – 1987.- № 4. – С.10.
168. Пособие по борьбе с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур/ А.Н. Волков, Б.А. Герасимов, П.В. Заринг, и др.; Ред. В.Р. Миченкова. - Изд. 10-е, испр. и доп. - М.: 1960. - 616 с.
169. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 08.11.2001 № 34 «О введении в действие санитарных правил - СП 1.2.1077-01».

170. Попов Ю.В. Защита зерновых культур от болезней должна быть обоснованной / Ю.В. Попов // Защита и карантин растений. - 2009 - №7. - С. 42-44
171. Пушкарёв Б.В. Установки для протравливания семян / Пушкарёв Б.В., Сушилкин К.О., Вялых В.А. // Защита и карантин растений, 1999; N 8. - С. 37
172. Пушкарёв Б.В. Машины для протравливания семян / Б.В. Пушкарёв, Л.А. Михин // Защита и карантин растений. – 2004. - №3. - С. 52-53.
173. Поваров О.А. Взаимодействие капли с твердой поверхностью/ Поваров О.А., Расторгуев В.Ф., Бодров А.А. // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. - 1986. - № 6. – С.85-92.
174. Подвысоцкий А.М. Экспериментальное исследование переноса массы и импульса при взаимодействии капель со стенкой / Подвысоцкий А.М., Шрайбер А.А. //Известия АН СССР. Механика жидкости и газа. - 1993. - № 2. - С.61-67
175. Производство раннего картофеля в Нечерноземье / К.З.Будин, А.И. Кузнецов, И.М. Фомин, Н.В. Шабуров; под ред. К.З.Будина.- П.: Колос. Ленинградское отделение, 1984- 239 с.
176. Протравливание семян сельскохозяйственных культур пленкообразующими составами и препаратами. Методические указания. - М.: Агропромиздат, 1988. - 24 с.
177. Промет – новый способ обработки семян инсектицидами. Проспект фирмы Ciba-Geigy (Швейцария, ЦОСИФ ВНИИТЭИагропрома, И-225). – 1986. – 22 с.
178. Пинчук С.И. Организация эксперимента при моделировании и оптимизации технических систем / С.И. Пинчук. Учебное пособие. - Днепропетровск: ООО Независимая издательская организация «Дива», 2008. – 248 с.
179. Пищук В.Н. Экспериментальное и математическое моделирование популяционной динамики ризосферных бактерий в условиях кадмиевого стресса / В.Н. Пищук, Н.И. Воробьёв. – Микробиология. – 2005. – Т. 74. – № 6. – С. 845-851.
180. Редер О. Качество гарантируют... электроны! [Установка "Везениту 2" для электронного протравливания семян]: в Германии разработан новый метод защиты посевного материала // Новое сел.хоз-во, 2003; N 3. - С. 50-51.
181. Сайт Федеральной службы государственной статистики <http://www.gks.ru/>.

182. Сагитов А.О. Защита зерновых культур в Казахстане / А.О. Сагитов, Г.А. Жармухамедова // Защита и карантин растений. - 2004. - №2. - С. 13-15.
183. Сахибгареев А.А. Борьба с болезнями озимых зерновых культур в Башкортостане / А.А. Сахибгареев, Г.Н. Гарипова // Защита и карантин растений. - 2010 - №1. - С. 35.
184. Седова В.И. Обработка клубней картофеля защитно-стимулирующими средствами методом ультрамалообъемного опрыскивания// Селекция картофеля на иммунитет и защита от болезней и вредителей. Научные труды.- НИИКХ, Госагропром РСФСР, 1986.- С. 100-106.
185. Семынина Т.В. Высеять только протравленные семена! / Т.В. Семынина // Защита и карантин растений. - 2008 - №8. - С. 43.
186. Слободянюк В.М. Применение пестицидов: немного статистики/ В.М.Слободянюк, В.И. Крыцына // Защита и карантин растений. - 2004. - № 7. - С. 13-14.
187. Смелик В.А. Предпосевная подготовка семян нанесением искусственных оболочек/ В.А. Смелик, Е.И Кубеев, В.М. Дринча. — СПбГАУ, 2011.- 272 с.
188. Соловьева Н.Ф. Технологии и технические средства для защиты сельскохозяйственных растений от вредителей и болезней. - М.: ФГНУ Росинформагротех, 2001. - 60 с.
189. Соколов В.Д. Ингаляционные аэрозоли в птицеводстве Л.: Колос, 1977.- 112 с.
190. Справочник агронома по защите растений /А.Ф Ченкин, В.А. Черкасов, В.А. Захаренко, Н.Р. Гончаров. - М.: Агропромиздат, 1990. - 367 с.
191. Справочник агронома по вопросам протравливания семян зерновых культур. М. 2006 г. Байер КропСайенс.
192. Страшнова Т.Т. Повысить качество протравливания // Защита растений.- 1985.-№8.-С.24-25.
193. Стернин Л.Е. Основы газодинамики двухфазных течений в соплах. - М.: Машиностроение, 1974. - 212 с.
194. Сушко И.В. Новые конструкторские разработки протравливателей // Техника АПК. - №10. — с. 23.
195. Таланов И.П. Влияние стимулирующих препаратов на урожайность и качество зерна пшеницы / Таланов И.П., Тухватуллин Т.Т.// Зерновое хозяйство. — М.: 2001. - №4 (7). — с. 21-22.

196. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. - М.: Высшая школа, 1995. - 416 с.
197. Теверовский Б.З. К вопросу движения твердой фазы аэрозоля при высоких значениях числа Рейнольдса//Инженерно-физический журнал - 1977. - Т.33. - № 3. - С.405-411
198. Теняев А.В. Доброе семя - добрые всходы / А.В. Теняев, Н.М. Донскова // Защита и карантин растений. - 2004. - №3. - С. 12-13.
199. Тепляков Б.И. Факторы повышения продуктивности яровой пшеницы/ Б.И. Тепляков, О.И. Теплякова //Защита и карантин растений. - 2004. - №4. - С. 24-25.
200. Тишкин В.Т. Роль защиты растений очевидна / В.Т. Тишкин // Защита и карантин растений. - 2009 - №12. - С. 4-6.
201. Трепашко Л.И. Экономическая эффективность и экологическая безопасность интегрированной защиты зерновых культур / Л.И. Трепашко // Защита и карантин растений. - 2008 - №8. - С. 35-37.
202. Трубилин Е.И. Маслов Г.Г., Чеботарев М.И. / Сельскохозяйственная техника, выпускаемая в странах СНГ – Каталог. – Краснодар: КГАУ, 2003.
203. Тютерев С.Л. Совершенствовать защиту сельскохозяйственных культур от семенной и почвенной инфекции // Защита и карантин растений. - 2000. - №2. - С. 14-16.
204. Успенский В.А. Аэрозоль переменной массы в вихревом потоке/ Успенский В.А., Вивденко О.Х., Зайцев В.Н., Шарапов В.А., Шитиков М.Ф. //Инженерно-физический журнал - 1974. - Т.27. - № 3. - С.526-527.
205. Ушакова С.И. Влияние высокочастотной обработки семян капусты на активность роста и урожай / Науч. тр. ЧИМЭСХ. – 1977. – Вып. 127. – С. 98-99.
206. Филиппов Г.А. Исследования и расчеты турбин влажного пара. - М.: Энергия, 1973. - 232 с.
207. Хасанов Э.Р. Протравливатель корнеклубнеплодов с рециркуляцией аэрозоля/ Хасанов Э.Р., Галиев Р.Р. // Проблемы агропромышленного комплекса на Южном Урале и Поволжье: Сб.науч.тр./ БГАУ- Уфа: изд-во БГАУ, 1997.- С.60-64.
208. Хасанов Э.Р. Обоснование конструкции протравливателя корнеклубнеплодов// Проблемы агропромышленного комплекса на

Южном Урале и Поволжье: Сб.науч.тр./ БГАУ- Уфа: изд-во БГАУ, 1998.- С.307-309.

209. Хасанов Э.Р. Анализ мелкодисперсного дробления частиц дисковыми распылителями// Проблемы агропромышленного комплекса на Южном Урале и Поволжье: Сб.науч.тр./ БГАУ- Уфа: изд-во БГАУ, 1999.- С.162-167.

210. Хасанов Э.Р. Обоснование рациональных параметров протравливателя корнеклубнеплодов с рециркуляцией аэрозоля/ диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Оренбург: 2002 г.

211. Хасанов Э.Р. Анализ работы дискового протравливателя корнеклубнеплодов с рециркуляцией аэрозоля// Перспективы развития производства продовольственных ресурсов и рынка продуктов питания: Сб.науч.тр./ БГАУ- Уфа: изд-во БГАУ, 2002.- С.315-319.

212. Хасанов Э.Р. Метод определения среднего размера частиц аэрозоля при протравливании клубней картофеля// Материалы XII научно-технической конференции Челябинского ГАУ.- Челябинск: ЧГАУ, 2003.-Ч.2.- С.375-379.

213. Хасанов Э.Р. Методы оценки свойств аэрозолей при протравливании клубней картофеля// Материалы международной научно-практической конференции (к XIII международной специализированной выставке «АГРО-2003»).- Уфа: БГАУ, 2003.- Ч.1.-С.282-284.

214. Хасанов Э.Р. Оценка качества работы дискового распылителя погружного типа/ Хасанов Э.Р., Камалетдинов Р.Р. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета.- 2005.- №3.- С.143-145.

215. Хасанов Э.Р. Определение конструктивных параметров и режимов работы дискового распылителя погружного типа// Материалы всероссийской научно-практической конференции (к XVI международной специализированной выставке «АгроКомплекс-2006»).- Уфа: БГАУ, 2006.-Ч.3.-С.99-102.

216. Хасанов Э.Р. Производственные испытания протравливателя ПСБ-4,0 в хозяйствах Республики Башкортостан / Хасанов Э.Р., Байгускаров М.Х. // Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием (к XVIII Международной специализированной выставке «АГРО-2008»).- Уфа: БГАУ, 2008.-Ч.IV.-С.122-123.

217. Хасанов Э.Р. Пути повышения качества обработки семян с минимальным травмированием / Хасанов Э.Р., Байгускаров М.Х., Биктимиров М.Р. // Материалы XLVIII международной научно-практической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству».- Челябинск: ЧГАУ, 2009.-Ч.IV.-С.260-263.

218. Хасанов Э.Р. Пути решения вопросов экологии при протравливании / Хасанов Э.Р., Байгускаров М.Х. //Сборник научных трудов IV международной научно-практической конференции «Актуальные экологические проблемы».- Уфа: БирГСПА, 2009.- С.247-250.

219. Хасанов Э.Р. Экологизация защиты семян сельскохозяйственных культур при протравливании// Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности: Проблемы и пути их решения в АПК».- Уфа: БашГАУ, 2010.- С. 263-266.

220. Хасанов Э.Р. Защита сельскохозяйственных культур и окружающая среда / Хасанов Э.Р., Байгускаров М.Х. //Сборник научных трудов V международной научно-практической конференции «Актуальные экологические проблемы».- Уфа: БГАУ, 2010.- С.176-179.

221. Хасанов Э. Р. Обеззараживание и стимуляция прорастания семян токами СВЧ/ Э.Р. Хасанов, Р.Р. Камалетдинов, Р.М. Хайруллин // Механизация и электрификация сельского хозяйства.- 2010.-№3.- С. 14-15.

222. Хасанов Э.Р. Защита от болезней и стимуляция прорастания семян токами СВЧ/ Хасанов Э.Р., Байгускаров М.Х. // Материалы Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение агропромышленного комплекса».- Курск: КГСХА, 2010.-Ч.III.-С.298-300

223. Хасанов Э.Р. Усовершенствование конструкции барабанного протравливателя семян//Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Вавиловские чтения – 2010».- Саратов: Саратовский ГАУ, 2010.-том 3- С.379-381.

224. Хасанов Э.Р. Использование СВЧ и биотехнологий при протравливании семян сельскохозяйственных культур// Материалы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы и перспективы развития аграрной науки».- Махачкала: ДГСХА, 2010.-Ч.I.-С.264-267.

225. Хасанов Э.Р. Озонирование и СВЧ-обработка семян

зерновых культур – перспективные способы предпосевного протравливания// Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ФГОУ ВПО Башкирский ГАУ.- Уфа: БГАУ, 2010.-Ч.II.-С.111-113.

226. Хасанов Э.Р. Расчет параметров эксцентрично закрепленного барабана протравливателя семян/ Хасанов Э.Р., Байгускаров М.Х. // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова.- 2010.-№6.- С.27-30.

227. Хасанов Э.Р. Построение математической модели движения зерновки внутри эксцентрично закрепленного барабана протравливателя семян// Известия Оренбургского государственного аграрного университета.- 2012.-№ 3(35).- С.76-78.

228. Хасанов Э.Р. Инкрустация семян зерновых культур при разработке конструкции барабанного протравливателя-инкрустатора семян // Вестник Башкирского госагроуниверситета. – 2012. – № 1. – С. 52-56.

229. Хасанов Э.Р. Перспективные направления совершенствования способов и конструкции машин для инкрустации семян защитно-стимулирующими препаратами/ Хасанов Э.Р., Камалетдинов Р.Р., Широков Д.Ю. // Рекомендации. - Уфа: БГАУ, 2012.-30 с.

230. Хасанов Э.Р. Методика оценки качества предпосевной обработки семян барабанным протравливателем-инкрустатором// Материалы Международной научно-практической конференции, в рамках XXII Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2012».- Уфа: БГАУ, 2012.-Ч.I.-С.394-399.

231. Хасанов Э.Р. Определение конструктивных параметров барабанного протравливателя семян при нестационарном режиме его работы/ Хасанов Э.Р., Байгускаров М.Х. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.- 2012.-№ 4(20).- С.138-143.

232. Хасанов Э.Р. Совершенствование режимов работы инкрустатора семян путем определения зон взаимодействия воздушных потоков / Хасанов Э.Р., Ганеев Р.В. // Известия Международной академии аграрного образования.- 2013.-№17.- С.126-131.

233. Хасанов Э.Р. Анализ процесса инкрустации семян в барабанном протравливателе-инкрустаторе// Вестник Башкирского госагроуниверситета.- 2013.-№1.- С.87-90.

234. Химическая и биологическая защита растений. Под ред. канд. с.-х. наук П. А. Хижняка, М.: Колос, 1971. - 215 с.
235. Шамаев Г.П. Справочник по машинам для защиты растений/ Шамаев Г.П., Хмелев П.П. //- М.: Агропромиздат, 1985.- 143 с.
236. Шамаев Г.П. Механизация защиты сельскохозяйственных культур от вредителей и болезней / Шамаев Г.П., Шеруда С.Д. // - М.: Колос, 1978.-256 с.
237. Штоколов И.Т. Инкрустация семян гороха на самопередвижных протравливателях// Зерновые культуры. – 1997. - № 1.- С. 24-27.
238. Шульман З.П. Реодинамика и тепломассообмен в пленочном течении / Шульман З.П., Байков В.И. //- Минск: Наука, 1979.- 308 с.
239. Шкурпела В.П. Операционная технология защиты зерновых культур/В.П. Шкурпела, И.Н. Белецкий, И.Т. Штоколов, В.А. Вялых [и др.].-М.:Россельхозиздат.-1985 -95с.
240. Щербаков, К.Н. Стимуляция ростовых процессов растений низкоэнергетическим электромагнитным полем / К.Н. Щербаков // Механизация и электрификация с/х. – 2002. - №7. – С. 26-29.
241. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Ч.2. Динамика. – М.: Высшая школа, 1977. – 430 с.
242. A vetűgűmő csávázás gépesítésének szempontjai [Механизация протравливания семенного картофеля.]. Munteán László. „Jarművėk, mezőgázd.gėpek.”, 1981- № 8, С.299-304 (венгр.)
243. Beizmaschine Gumotox [Протравливатель Gumotox.S.].S. Rump A. «Landtechn. Inf», 1984- № 3, С.59-60 (нем.)
244. Brazda G., Sloksnat A. Aufbau und Funktion von Pflanzkartoffelbeizern mit Rotationszerstaubern// Agrartechnik- 1988.- № 7.- С. 307-309 (нем).
245. Bruggemeier Utl. Die richtige Pflanzgutvorbereitung bringt den Ertrag [Подготовка семенного картофеля.]. «Top agrar», 1983, № 4, 94-98 (нем).
246. Film coats for seed fix the chemicals //Farmer's Weekly. – 1985. – V.102 (19) suppl. – N10. – P.29.
247. Kann man Drillmaschinen mit Beizeinrichtung empfehlen LandmachFachbetrieb, 1978,30,10, S.264-266.
248. Loofverwijdering in roofogoed [Предпосевная обработка клубней картофеля.]/ Van Kuijk J.G.M.//Landbauwmechanisafie.- 1990,№ 9- С/21-24 (Нидерланды).

249. Pitrik P. Moreni osiva obilnin a luskovin [Протравливание семян зерновых и зернобобовых культур: обзор протравителей, методы их применения и машины для протравливания семян (ЧССР)] Agrochemia (Bratislava), 1985; T. 25. N 11. - s. 336-341.
250. Pottier M. Traitement des semences [Конструктивные особенности стационарного и передвижного оборудования для протравливания семян в зависимости от типа семян]: Agri-Decideur, 1989; T. 15. - p. 27-28.
251. Schiffers B.C., Cornet D., Fraselle J. Etude de l'association du Rhizobium et l'insecticidecarbofurandans le pralinade des semences de soja (Glycine max (L.) Meril//Parasitica. – 1982. – V.38 – N.2.- P.55-63.
252. Spiers R.P., Subbaraman C.V., Wilkinson W.L. Free caating of a Newtonian liquid onto vertical surface//Chem. Engng. Sci. - 1974. - V.29. - № 2. - P.389-396.
253. Tallmadge J., Gutfinger Ch. //Jnd. and Eng. Chem. - 1967. - V.59. - № 11. - P.19-34.
254. Urzadzenie do zaprawiania nasion I bulw roslinnych na mokro. Marian Wargocki, iotr Zasiewski. Пат.133002 ПНР, заявл. 6.07.83 №242898,опубл. 15.03.86, МКИ А 01 С 1/08.
255. Wieser F. Neuzeitlich Verfahren der Saatgutbehandlung // Pillierungund Inkrustierung// Bodenkultur.- 1982/ - Bd. 33. – N 2. – S. 118-139.

Для заметок

Для заметок

Эдуард Рифович Хасанов

**ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА
СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА
ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИМИ
ПРЕПАРАТАМИ**

Печатается в авторской редакции

Технический редактор *Н.А. Николаенко*

Подписано в печать 23.07.2013. Формат бумаги 60×84¹/₁₆. Усл. печ. л. 10,12
Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс». Печать трафаретная. Заказ 352. Тираж 500 экз.