

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

На правах рукописи

СТРАХОВ ВЛАДИМИР ЮРЬЕВИЧ

**УСТРОЙСТВО УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ
ОБРАБОТКИ ЗЕРНА ПЕРЕД ПРОРАЩИВАНИЕМ НА
ВИТАМИННЫЙ КОРМ**

Специальность: 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и
энергоснабжение агропромышленного комплекса

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Сторчевой Владимир Федорович

Москва – 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА ПЕРЕД ПРОРАЩИВАНИЕМ	11
1.1 Анализ существующих методов обработки зерна	11
1.1.1 Физические методы обработки	12
1.1.2 Химические методы обработки	14
1.1.3 Электрофизические методы обработки	15
1.2 Применение ультрафиолетового излучения для обработки зерна	18
1.2.1 Биологическое действие ультрафиолетового излучения на зерно	19
1.3 Существующие технические средства обработки зерна ультрафиолетовым излучением	24
Выводы по первой главе	34
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ ЗЕРНА	35
2.1 Оценка бактерицидного действия ультрафиолетового излучения	35
2.2 Источники ультрафиолетового излучения	41
2.3 Теоретические исследования установки ультрафиолетового облучения зерна	47
2.3.1 Технологические схемы устройств ультрафиолетовой обработки зерна	47
2.3.2 Теоретическое обоснование размещения источника ультрафиолетового облучения под отражателем	52
2.4 Расчёт энергетической облучённости создаваемой линейным излучателем	55
2.5 Результаты численного эксперимента и моделирования энергетической освещённости поверхности от линейного излучателя	61
Выводы по второй главе	63
3 МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТАНОВКИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА	64
3.1 Общая методика экспериментальных исследований	64

3.2	Оборудование и технические средства измерений параметров при ультрафиолетовой обработке зерна	66
3.3	Конструктивно-технологическая схема установки ультрафиолетовой обработки зерна	69
3.4	Экспериментальная установка ультрафиолетовой обработки зерна	72
3.5	Методика исследований зависимости энергетической освещённости облучаемой поверхности от расстояния до источника ультрафиолетового излучения	77
3.6	Методика исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на зерно перед проращиванием	80
3.6.1	Методика исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на конечную массу витаминного корма и длину ростков зерна после проращивания	80
3.6.2	Методика исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на всхожесть и энергию прорастания зерна	84
3.6.3	Методика исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на микробную обсеменённость и число дрожжей и плесеней в сумме	86
	Выводы по третьей главе	87
4	РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	89
4.1	Результаты исследований энергетической освещённости облучаемой поверхности от расстояния до источника ультрафиолетового излучения	89
4.2	Результаты исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на конечную массу зерна после проращивания	92
4.3	Результаты исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на длину ростков зерна после проращивания	96
4.4	Результаты исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на всхожесть и энергию прорастания зерна	101

4.5	Результаты исследований влияния ультрафиолетовой обработки с последующим проращиванием зерна на состав микроэлементов	104
4.6	Результаты исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на микробную обсеменённость на поверхности зерна	107
4.7	Результаты исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на число дрожжей и плесени в сумме на поверхности зерна	111
	Выводы по четвёртой главе	113
5	ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА	116
	Предложения для производства по технологическим	116
5.1	решениям ультрафиолетовой обработки перед проращиванием зерна	
	Технико-экономический анализ эффективности	118
5.2	применения установки ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием	
	Выводы по пятой главе	126
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	127
	СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	130
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	131
	ПРИЛОЖЕНИЯ А. Акты внедрения результатов диссертационной работы	145
	ПРИЛОЖЕНИЯ Б. Патенты РФ на изобретения и полезные модели	153
	ПРИЛОЖЕНИЯ В. Протоколы лабораторных испытаний	159
	ПРИЛОЖЕНИЯ Г. Дипломы и сертификаты участия в выставках и конкурсах	172

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Эффективность отрасли животноводства зависит от прочной кормовой базы. Разнообразие и качество кормов в сельскохозяйственном производстве определяет состояние здоровья, высокую и устойчивую продуктивность животных.

Одним из путей повышения витаминной ценности кормов и восполнения питательных веществ в животноводстве является применение витаминных добавок. Витаминные добавки могут синтезироваться искусственным путём и поступать на предприятия в виде премиксов или иметь биологическое происхождение, например, в виде пророщенного зерна [1, 2].

На сельскохозяйственных предприятиях пророщенное зерно добавляют в корма КРС, овец, свиней и птиц. Специалисты отмечают высокую биологическую ценность такой натуральной добавки, сравнительно низкую цену и возможность круглогодичного получения витаминных кормов непосредственно на предприятиях.

В технологии получения пророщенного зерна используют пшеницу, ячмень и сою. Перед проращиванием с целью обеззараживания, увеличения выхода массы корма и снижения затрат на производство, сырье подвергают различным видам обработки. На данном этапе для обеззараживания зерна производители применяют химические препараты. Методы обработки, основанные на применении химических препаратов, не могут полностью удовлетворять аграриев, поскольку небезопасны в экологическом отношении и способны привести к нежелательным физико-химическим изменениям в биологических объектах.

Для обработки зерна перед проращиванием перспективно применение энергии ультрафиолетового излучения. Бактерицидное ультрафиолетовое излучение способно уничтожать патогенные микроорганизмы на поверхности зерна и приводить к положительным биохимическим изменениям в клетках.

Таким образом, научные исследования, направленные на разработку устройств для обработки зерна перед проращиванием на витаминный корм,

обеспечивающих снижение применения химических препаратов, являются актуальной народно-хозяйственной задачей.

Степень разработанности темы исследования. Значительный вклад в изучение влияния ультрафиолетового излучения на зерно, семена, развитие растений, проектирование и эксплуатацию устройств для ультрафиолетовой обработки внесли Дубров А.П., Овчукова С.А., Кондратьева Н.П., Ракутько С.А., Большин Р.Г., Юферев Л.Ю., Гурьянов Д.В., Владыкин И.Р., Краснолуцкая М.Г., Савельев В.А., Рогожин В.В., Пономарева Н.Е., Загоскина Н.В., Газалов В.С., Колесова Т.К., Гончарова Л.И., Сторожев П.И., Жилинских Ю.М., Кумин В.Д., Козинский В.А., Лазарев Д.Н., Белинский В.А., Шевель С.С., Курочкина О.А., Singh B.N., Kapoor C.P., Choudhar R.S., McGee R., Fischer M., Bonnet J., Harris P., Steffen H., Rice R.G., Green A.E., Cross K.K. и др.

Цель работы - разработка устройства для ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием на витаминный корм.

Объект исследования. Процесс ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием на витаминный корм, реализуемый под воздействием энергии ультрафиолетового излучения.

Предмет исследования. Технические решения и методики, направленные на снижение энергетических и материальных затрат в установках ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием на витаминный корм.

Основные задачи исследования:

1. Провести анализ существующих способов и технических средств для ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием на витаминный корм.
2. Разработать конструкцию установки для обработки зерна перед проращиванием на витаминный корм с использованием ультрафиолетового излучения, обеспечивающую равномерность обработки слоя зерна и поточность процесса обработки.

3. Разработать математическую модель и провести теоретические исследования распределения энергетической освещённости на облучаемой поверхности от линейного источника облучения.

4. Провести экспериментальные исследования по влиянию конструктивных параметров источника ультрафиолетового излучения на энергетическую освещённость облучаемой поверхности и влиянию режимов работы установки на эффективность ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием на витаминный корм для оптимизации режимов и снижения энергетических и материальных затрат.

5. Провести технико-экономическую оценку эффективности применения установки ультрафиолетовой обработки зерна.

Методы исследования. Исследования проводились с использованием фундаментальных законов физики, оптики, математических методов анализа, теории планирования эксперимента и математической статистики, а также с использованием пакетов прикладных программ для ЭВМ.

Достоверность и обоснованность результатов исследования. Достоверность основных положений и выводов подтверждена результатами экспериментальных исследований процесса ультрафиолетовой обработки зерна, использованием стандартных методик, средств измерения, проведением лабораторных исследований в соответствии с ГОСТ, проведением вычислений с использованием программ для ЭВМ, совпадением теоретических и экспериментальных данных исследования.

Научная новизна:

1. Разработана математическая модель расчёта энергетической освещённости на облучаемой поверхности от линейного источника излучения.

2. Получены регрессионные зависимости, учитывающие влияние режимов ультрафиолетовой обработки на массу витаминного корма, длину ростков при проращивании, всхожесть и общую микробную обсеменённость на поверхности зерна.

Теоретическая и практическая значимость работы определена следующими основными результатами:

1. Разработана математическая модель, позволяющая оценить распределение энергетической освещённости от линейного источника облучения на облучаемой поверхности.

2. Обоснованы режимы ультрафиолетового облучения зерна, обеспечивающие увеличение массы, длины ростка при проращивании, повышение всхожести и энергии прорастания, снижение общего числа микробных клеток и числа дрожжей и плесени в сумме на поверхности зерна.

3. Предложена новая конструкция установки ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием на витаминный корм.

4. Научные и практические результаты диссертационных исследований прошли производственные испытания и применяются для получения пророщенного зерна в Крестьянском (фермерском) хозяйстве «Кутовой О.А.» Ровеньского района Белгородской области.

Положения, выносимые на защиту:

1. Разработанная математическая модель распределения ультрафиолетового излучения от линейного источника на облучаемой поверхности, позволяющая оценить распределение энергетической освещённости в зависимости от удельной мощности, высоты подвеса и длины линейного источника облучения.

2. Предложенные режимы ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием на витаминный корм, обеспечивающие повышение массы витаминного корма на 11,6 %, длины ростка на 5,6%, увеличение всхожести на 39%, энергии прорастания на 38%, снижение микробной обсеменённости на 98,8% и числа дрожжей и плесени в сумме на поверхности зерна на 45,4%.

3. Разработанная, изготовленная и запатентованная конструкция установки для ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием.

Реализация результатов исследований. Установка ультрафиолетовой обработки зерна прошла производственную проверку в Крестьянском

(фермерском) хозяйстве «Кутовой О.А.» в Ровеньском районе Белгородской области и показала высокую эффективность работы.

Апробация результатов работы. Материалы диссертационных исследований обсуждались на конференциях: «Роль науки и технологий в обеспечении устойчивого развития АПК России» ФГБОУ ВО РГАТУ П.А. Костычева, 2018 г.; международной конференции «Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения» ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2018 г.; VI Всероссийской молодёжной научно-практической конференции «Студенчество России: век XXI», ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2019 г.; II и III этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза России ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2019 г. и ФГБОУ ВО РГАТУ им. П.А. Костычева, 2019 г.; финале программы «УМНИК», г. Белгород, 2020 г. (Диплом победителя); XXIII Всероссийской агропромышленной выставке «Золотая осень», г. Москва, 2021 г. (Серебряная медаль); III этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых учёных высших учебных заведений Минсельхоза России ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 2021 г. (Диплом II степени); Международной научно-практической конференции «Энергосбережение АПК» ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, г. Москва, 2022 г.; II и III этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых учёных высших учебных заведений Минсельхоза России РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023 г. (Диплом I степени), Ставропольский государственный аграрный университет 2023 г. (Диплом I степени).

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликована 31 научная работа, 12 из которых опубликованы в изданиях, включённых в перечень ВАК РФ, 1 работа включена в научную базу Scopus, получено 2 патента РФ на изобретения, 3 патента на полезную модель и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объём работы. Диссертация изложена на 178 страницах, состоит из введения, основной части, содержащей 41 рисунок, 28 таблиц, заключения, принятых сокращений, списка литературы, включающей 118 наименований, в том числе 15 на иностранном языке и 4 приложений.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА ПЕРЕД ПРОРАЩИВАНИЕМ

1.1 Анализ существующих методов обработки зерна

Биологические особенности низкой всхожести могут быть обусловлены различными причинами, из которых наиболее значимой является состояние глубокого органического или послеуборочного покоя.

Способность семян находится в состоянии органического покоя – приспособительный механизм, направленный на сохранение видов, при помощи которого в живой природе растения имели возможность сохраняться и переживать неблагоприятные периоды. Причины нахождения в состоянии органического покоя (биологического сна) разнообразны. Учёные их связывают с состоянием, сопровождающимся снижением активности биохимических процессов и низкой активностью зародыша. В природе причиной выступает целый ряд факторов, например, в районах с периодической сменой климатических условий (смена зимнего и летнего периода, дождей и засух) состояние органического покоя у семян выражено более ярко.

Задержки прорастания семян связаны с индивидуальными особенностями культуры. Как следствие, различными являются и условия прерывания биологического сна. При этом глубина состояния биологического сна может отличаться даже у культур одного вида.

Исследованиям биологического сна и способам стимуляции прорастания посвящено много научных работ [3-7]. Однако большинство трудов не рассматривают биохимическую природу биологического сна и представляют рекомендации по воздействию тех или иных факторов на семена.

Науке известно большое разнообразие методов обработки семян, положительно зарекомендовавших себя и применяющихся в практике растениеводства. Наиболее распространенный метод – использование физической обработки. Результат оправдывает себя высокой эффективностью.

После обработки наблюдается повышение всхожести и энергии прорастания, более интенсивно развивается корневая система растений. Следует отметить, что практически все методы обработки семян перед посевом можно с успехом использовать для обработки зерна перед проращиванием.

Кроме физической обработки применяется электрофизическая и химическая обработки или комбинации из нескольких видов воздействий прямо или косвенно направленные на изменение физиологического состояния зародыша, способствующие увеличению проницаемости покровов, активизации ферментов внутри клеток. На рисунке 1.1 приведена классификация существующих методов обработки семян.

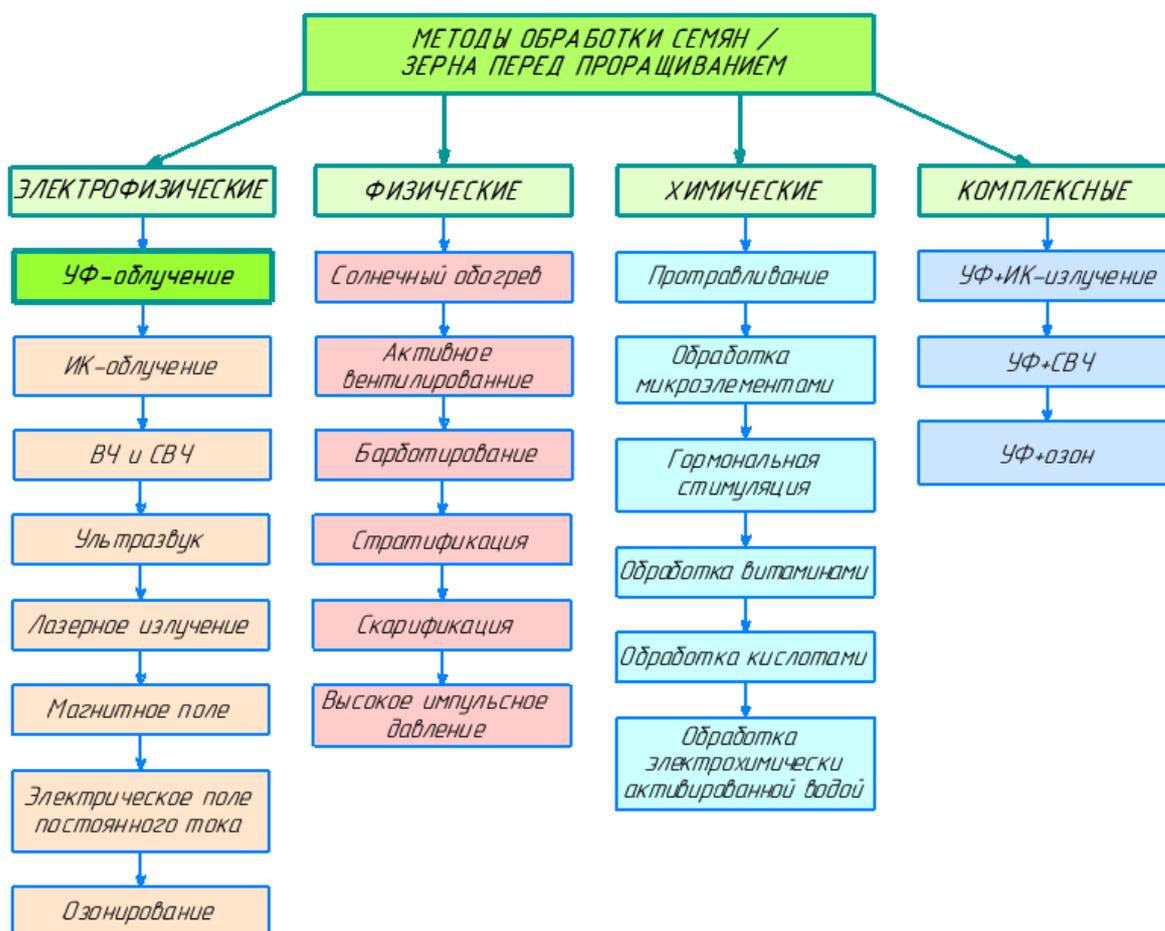


Рисунок 1.1 – Существующие методы обработки семян

1.1.1 Физические методы обработки

Физические методы направлены на имитацию естественных факторов природы для стимуляции прорастания зерна.

В процессе эволюции природа выработала механизм отклика растительных клеток на естественные раздражители: охлаждение, нагрев, увлажнение. Человек может пользоваться этими механизмами для повышения посевных качеств зерна. Наши предки активно использовали физические методы в растениеводстве. Рассмотрим сущность физических методов обработки зерна.

Солнечный обогрев простой и эффективный способ обработки зерна. Солнечный обогрев проводят в сухие солнечные дни. Сущность метода заключается в прогревании зерна с периодическим перемешиванием на открытых площадках под солнцем [8].

Активное вентилирование заключается в интенсивном, принудительном продувании воздуха через неподвижную массу зерна. Практические аспекты использования активного вентилирования рассмотрены в работах: А.Н. Васильева, М.Г. Голика, Б.А. Карпова, И.Я. Бахарева, Н.С. Согедова [9].

Барботирование заключается в выдержке в воде, насыщаемой кислородом воздуха или сжатым кислородом из баллона. В результате активизируются ферменты, возрастает полевая всхожесть, наблюдаются более ранние урожаи [10].

Стратификация – основывается на искусственной имитации природных условий с низкой температурой и влажным климатом. Назначение стратификации – вывести зерно из состояния биологического сна в более короткий период, чем это происходит в естественных условиях [11].

Импульсное давление. В результате воздействия импульсного давления от 5 до 29 Мпа, на поверхности семенной кожуры образуются микротрещины, которые позволяют впитывать влагу и развиваться зародышу [12].

Скарификация заключается в повреждении твёрдых покровов для повышения всхожести. Плотная оболочка у отдельных культур препятствует проникновению воздуха и влаги. У некоторых бобовых культур твердосемянность доходит до 95% [13].

1.1.2 Химические методы обработки

Химические методы обработки семян основываются на использовании различных органических и неорганических соединений для борьбы с внутренними и наружными инфекциями, защиты от поражений бактериями в период прорастания, повышения энергии прорастания и урожайности [14].

Обработка микроэлементами. Применение микроэлементов приводит к повышению урожайности большинства культур от 5 до 20%. В сельском хозяйстве микроэлементы применяют для обработки зерна, некорневой подкормки и непосредственного внесения в почву [15].

Гормональная стимуляция. В живых организмах фитогормоны получили название регуляторы роста. Они широко представлены в растениях и являются продуктами нормального обмена клетки. В качестве фитогормонов применяют различные органические вещества, например, ауксины или гиббереллины. В зависимости от их количества наблюдается торможение или стимуляция жизнедеятельности клетки [16].

Витамины. В семенах всех растений содержатся витамины необходимые для прорастания и развития клеток. Известно, что при прорастании содержание витаминов увеличивается, однако при неблагоприятных условиях накопление некоторых витаминов может быть недостаточным для нормального протекания физиологических процессов. Установлено, что в зерне пшеницы с пониженной всхожестью снижено содержание витамина С. При этом обогащение зерна витамином С увеличивает показатели всхожести [17].

Обработка кислотами. В структуре зерна присутствуют органические кислоты. Их интенсивное образование наблюдается в процессе прорастания. Органические кислоты необходимы для дыхания, синтеза аминокислот и других соединений. Наблюдаются случаи недостатка кислот в клетках растений, что оказывает негативное влияние на протекание физиологических процессов. Отмечено, что обработка зерна пшеницы, ячменя и ржи с использованием янтарной кислоты способна улучшать прорастание [18].

Электрохимически активированная вода (ЭХА) – экологически безопасное средство стимуляции роста зерна. В ЭХА разрываются водородные связи, в результате чего молекулы приобретают дополнительные степени свободы. Такая структура воды способна проникать в межмолекулярные пространства, в том числе и мембраны клетки, повышая растворимость соединений и экстракционную активность воды [19].

Комплексные методы основаны на одновременных воздействиях несколькими видами обработки. В комплексе электрофизические, физические и химические воздействия существенно повышают энергию прорастания, всхожесть и урожайность. Способствуют раскрытию генетического потенциала культуры.

1.1.3 Электрофизические методы обработки

Электрофизические методы обработки основаны на преобразовании электрической энергии в другие виды и базируются на применении магнитных, электромагнитных, электрических и других полей [5-7]. Такая обработка способна оказывать стимулирующее действие на зерно, улучшая посевные качества, ускоряя рост и развитие растений. В зависимости от физических особенностей можно выделить различные направления электрофизической обработки зерна.

Электромагнитные поля. Исследования воздействия электромагнитных полей различного диапазона на биологические процессы, протекающие в семенах растений, начались еще в первой половине XX века.

Воздействия низкочастотным магнитным полем показали положительные результаты: повышалась всхожесть, скорость прорастания, замечено отсутствие плесени. Отклик зерна на воздействие низкочастотного магнитного поля связан с изменением *pH* и высвобождением белков, что ускоряет выход семян из состояния биологического сна и запускает восстановительные процессы в клетках.

Обработка зерна при помощи СВЧ полей является одним из наиболее эффективных методов. СВЧ поля оказывают два вида воздействия: электромагнитное и тепловое. Такая обработка эффективно уничтожает бактерии и грибки.

В процессе СВЧ-излучения влага испаряется, что приводит к росту давления внутри зерновки. Это нарушает структуру крахмальных отложений, стимулируя прорастание [20].

Большой вклад в исследования влияния электромагнитных полей на качество зерновых культур внесли труды Бородина И.Ф., Вендина С.В., Сторчевого В.Ф., Артемьева Н.А., Басова А.М., Изакова Ф.Я., Шпигеля В.Н., Яснова Г.А., Блонской А.П., Кулис С.Д., Серёгиной М.Т., Ксёнза Н.В. и других учёных.

Инфракрасное облучение (ИК). Большое внимание к данному способу обработки обусловлено простой конструкцией технических средств, в основе которых заложен принцип преобразования электрической энергии в тепловую.

Проведённые исследования обработки зерна ИК-облучением позволили добиться повышения всхожести опытных образцов на 25,4-54,5% по отношению к контрольным образцам и снизить общую микробную обсеменённость на поверхности зерна по отношению к контрольным образцам на 87,5-90,9% [21].

Ультразвук. Биологический эффект обработки зерна ультразвуком учёные связывают с повышением активности ферментов, увеличением проницаемости в клеточных оболочках в результате чего возрастает скорость поглощения влаги. Однако стимулирующий эффект проявляется только при обработке в воде и строгом соблюдении доз воздействия [22].

Электрическое поле постоянного тока также получило применение для обработки зерна. Учёные связывают активацию физиологических процессов, в результате обработки электрическим полем постоянного тока, с повышением активности хроматина клеточного ядра, входящего в состав генетического аппарата клетки. Результаты исследования на ячмене, проведённые в

Ижевской ГСХА, свидетельствуют о повышении энергии прорастания до 87%, всхожести до 90% [23].

Лазерное излучение. Лазерное излучение получило широкое применение в растениеводстве в качестве метода повышения интенсивности дыхания, всхожести и энергии прорастания зерна [24].

Результаты обработки лазерным излучением яровой пшеницы и ячменя показали повышение урожайности у культур. Прирост урожайности у яровой пшеницы составил 15-20%, у ячменя 40-60%. Биологические механизмы воздействия связывают со стимуляцией фоторецепторов, относящихся к пусковым центрам темновых реакций метоболизма запускающих перестройку ферментов биологических мембран [25].

Ионизирующее альфа и гамма излучение. На сегодняшний день одним из приоритетных направлений считается изучение и практическое применение ионизирующих диапазонов электромагнитного излучения в сельском хозяйстве.

Ионизирующее альфа и гамма излучение относится к радиационным технологиям (РТ). РТ основываются на применении внешних источников излучения с различной длиной волн. Подобное излучение направлено на изменение свойств сельскохозяйственной продукции, в том числе и семенного материала. Одной из компетенций РТ является стимуляция роста и обеззараживание зерна сельскохозяйственных культур [26].

Озонирование. Применение озона для стимуляции зерна связано с высокой окислительной способностью этого газа. Озонсодержащие смеси ускоряют интенсивность биологических процессов.

Известны опыты по обработки озоном зерна с длительным сроком хранения. Результатом обработки стало увеличение энергии прорастания до 8,8% и длины проростков до 8,2% по сравнению с контролем [27].

1.2 Применение ультрафиолетового излучения для обработки зерна

Под ультрафиолетовым излучением понимают оптическое излучение, занимающее диапазон между видимым и рентгеновским излучением (10-400 *нм*). При этом различают несколько основных поддиапазонов: УФ-А (315–400 *нм*), УФ-В (280–315 *нм*), УФ-С (200–280 *нм*).

Использование технологий, основанных на УФ-облучении в последнее время привлекают внимание работников отрасли растениеводства. Интерес аграриев вызывают возможности применения УФ-облучения для обеззараживания растениеводческой продукции, плодов и овощей с целью снижения потерь в процессе хранения, стимуляция роста, прибавки урожайности культур.

Влияние ультрафиолетового облучения на показатели всхожести и урожайности сельскохозяйственных культур изучаются на протяжении многих десятилетий. Результаты проведённых исследований показывают положительную динамику обработки. В зависимости от длины волны и дозы, обработка способна оказывать разные воздействия. Вся коротковолновая радиация УФ-излучения поглощается в верхних слоях эндосперма. Только часть длинноволнового излучения доходит до тканей зародыша и способна активизировать жизненные процессы.

Облучение с длиной волны 280-315 *нм* способно привести к значительным изменениям морфофизиологических характеристик растений. После облучения пшеницы отмечается замедление линейного роста стеблей, уменьшается кущение.

Облучение с длиной волны 200-280 *нм* благодаря своим бактерицидным свойствам оказывает положительное действие на протекание биохимических реакций. Излучение спектра УФ-С применяют для обработки зерна перед хранением и для повышения стрессоустойчивости. Результатом ультрафиолетового облучения зерна является активизация процесса перекрёстного окисления липидов, повышение уровня антиоксидантов.

Под действием УФ-спектра в зерне незначительно нарушается структура липидов и мембран клеток. Данное воздействие для биологических объектов выступает как один из факторов стресса, запускающий компенсаторный механизм в клетках. Для восстановления нарушений в клетках активизируется антиоксидантная защита. Эта ответная реакция заложена природой и позволяет организмам выживать в экстремальных условиях. Одним из компонентов рассмотренного механизма выступает активизация перекрестного окисления липидов.

Обработка зерна ультрафиолетовым спектром излучения повышает проницаемость клеточных мембран. Активизирует окислительно-восстановительные процессы в период набухания, ускоряет ростковые процессы, усиливает дыхание, обеспечивает доступ влаги и питательных веществ к зародышу [28-30].

При практическом использовании УФ-обработки следует учитывать, что облучение зерна с высокой всхожестью не оказывает значительного положительного результата. Всхожесть и энергия прорастания остаётся близкая к контролю. Обработка таких образцов позволяет улучшить развитие вегетативной массы и ускорить рост. Применительно к зерну с низким показателем всхожести УФ-облучение способствует увеличению всхожести и энергии прорастания. В дополнении к этому, положительное действие УФ-облучения проявляется в поверхностном обеззараживании, а в отдельных режимах и управлении физиологическими процессами в растениях [31].

1.2.1 Биологическое действие ультрафиолетового излучения на зерно

За тысячи лет естественного отбора природа создала совершенные способы защитить посевной материал от неблагоприятных воздействий окружающей среды. Механизмы защиты выражаются в снижении ответных реакций на внешние раздражители при неблагоприятных условиях. Семена способны уходить на вторичный покой и снижать показатели всхожести.

Целенаправленные внешние воздействия могут оказывать влияние на функционирование систем жизнеобеспечения и жизненный потенциал организма.

В последние десятилетия, благодаря развитию техники, электромагнитное излучение нашло широкое и успешное применение в сельском хозяйстве для ускорения роста и развития растений. Исследования, направленные на изучение стимулирующего действия УФ-излучения на ростковые процессы, продолжаются. На текущий момент в научной литературе отсутствует единое мнение о механизме действия ультрафиолетового облучения на растительный организм. Учёные выдвигают разные теоретические обоснования стимулирующих действий.

В ходе опытов по влиянию ультрафиолетового облучения на семена огурца, по наблюдениям ученого Ходаренко Л.Л., оптимальная доза облучения выступает стимулирующим фактором для биосинтеза белка, способствует формированию фотоактивной поверхности листа [32].

Исследования, проведённые Дубровым А.П., свидетельствуют о сходных биологических реакциях действия УФ и других видов электромагнитных полей. Ответные реакции выражаются в образовании свободных радикалов, изменениях активности ферментов, проницаемости мембран и хромосомных изменениях [33].

На степень воздействия УФ-радиации влияет строение зерна. Рож и пшеница имеют высокую пропускную способность по отношению к УФ- спектру, овёс и горох более защищен от внешнего воздействия.

Способность пропускать длинноволновые ультрафиолетовые лучи у различных культур колеблется от 4 до 10%, при этом семена практически полностью поглощают ультракоротковолновые лучи. Границей пропускания коротковолновых лучей считают 300 *нм*, при этом значении коэффициент пропускания наибольший [34].

Коротковолновой спектр УФ-излучения поглощается наружными покровами. Все биологические изменения, протекающие в результате УФ-

обработки - это результат физико-химических процессов, действия длинноволнового спектра УФ-облучения на зародыш и эндосперм, и коротковолнового спектра на поверхность зерна.

После облучения зерна наблюдается изменение проницаемости клеточных мембран, сопровождающееся увеличением водопоглощения до 10%. Эффект сохраняется на весь период прорастания [33]. После облучения ускоряются процессы распада белка в эндосперме, в то время как в проростках белок начинает синтезироваться сильнее. Зерно после облучения быстрее расщепляет растворимые формы азота, в результате чего ускоряется разложение углеводов и активизация ферментов. Все перечисленные процессы приводят к ускорению формирования проростков.

В результате УФ-обработки зерна повышается лабораторная всхожесть от 2 до 10%. Ученый Жданов Э.Б. подчеркивает, что у физически зрелых семян активность каталазы и аскорбиновой кислоты не изменяется, однако у семян с прерванным процессом дозревания активность ферментов ускоряется [35].

В исследованиях Юрченко А.Н. после воздействия УФ-облучения на зерно яровой пшеницы отмечено увеличение энергии прорастания и всхожести. При проведении опытов энергия прорастания увеличилась на 15-29%, а всхожесть 15-20%. Отмечается более раннее появление всходов [36].

В научных трудах Девяткова Н.Д. представлено биологическое обоснование биостимулирующему действию ультрафиолетового облучения на зерно. В основе механизма действия находится перестройка внутриклеточных мембран и органелл, изменение показателей рН и активности АТФ, окисление липидов.

Согласно исследованиям, М. Накаяма, результат ультрафиолетового облучения выражается в целом ряде внутриклеточных преобразований: ускоряется движение цитоплазмы, повышается активность внутриклеточных ферментов, меняется колебательное состояние молекул. После УФ-обработки запускается процесс фотоактивации и семена имеют больший энергетический потенциал.

В результате облучения у семян ускоряется метаболизм, благоприятно влияющий на формирования будущего растения. Замечено появления ранних всходов, это создает предпосылки высокой урожайности. В вопросах практического использования УФ-облучения зерна отмечается низкая эффективность обработки образцов с высокой всхожестью.

Ультрафиолетовое облучение выгодно отличается среди общеизвестных способов обработки зерна, прежде всего тем, что не приводит к ухудшению внешнего вида и характеристик обрабатываемого сырья.

Внешнее воздействие на зерно, в частности электромагнитной природы, приводит к изменениям работы регуляторных механизмов, лежащих в основе физиологических процессов, это вызывает изменение активности окислительно-восстановительных ферментов, в том числе и дегидрогеназ, т.е. ферментных систем, в значительной степени регулирующих процессы прорастания и изменения синхронности прорастания, и способности выросших из обработанного зерна растений использовать условия окружающей среды для накопления биомассы и увеличения коэффициента размножения [37].

Многочисленные исследования биологов, физиологов и физиков свидетельствуют, что воздействие оптического излучения на живой организм можно рассматривать как энергетический процесс, сопровождающийся поглощением и усвоением клетками энергии облучения. Полученная энергия используется клетками для поддержания физико-химических процессов и пополнения энергетических ресурсов.

Структуру воздействия физических факторов на организм можно представить в виде схемы рисунок 1.2 [37].

Главная цель воздействия – динамическое равновесие, постоянство внутренней среды, называемое гомеостазом. Такое постоянство обеспечивает оптимальные условия для жизнедеятельности и развития клеток.

Живые организмы обладают физическим состоянием внутренней биорегуляции. Воздействие электромагнитными волнами в том числе

ультрафиолетовым излучением оказывает влияние на протекание биологических процессов внутри клетки и влияет на процессы болезни.

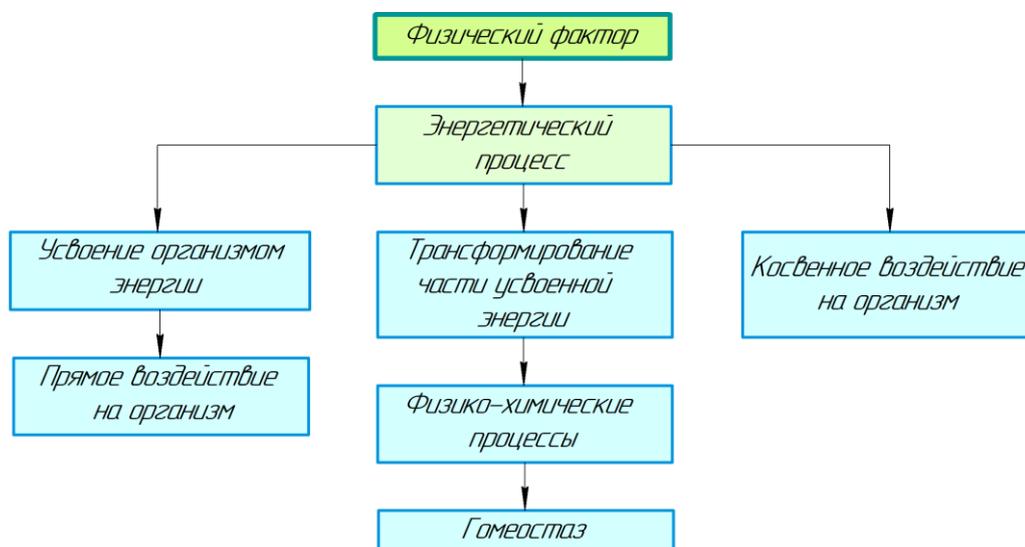


Рисунок 1.2 – Воздействие физических факторов на организм

Кроме прямого воздействия излучения на клетки прослеживаются еще и косвенное. Положительный эффект косвенного воздействия проявляется при передаче удвоенной энергии активным молекулам.

Живые клетки способны пропускать и поглощать оптические излучения. Процесс начинающийся поглощением фотонов молекулами и завершающийся ответной реакцией организмом или тканями получил название фотобиологическим. Схема фотобиологического процесса изображена на рисунке 1.3 [37].

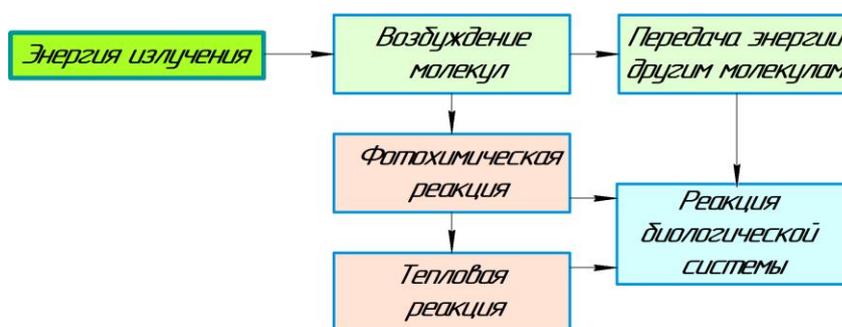


Рисунок 1.3 – Механизм воздействия излучения на биовещество

Впервые оптическое излучение бактерицидного ультрафиолетового диапазона было обнаружено в 1892 году. Поиски эффективных источников ультрафиолетового излучения продолжаются и в наше время [38, 39].

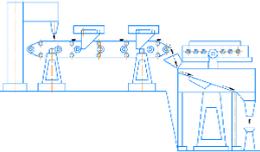
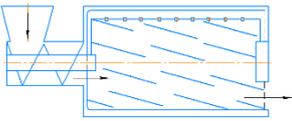
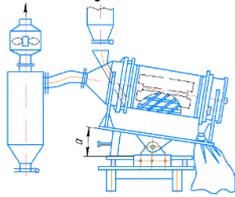
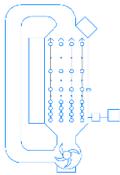
1.3 Существующие технические средства обработки зерна ультрафиолетовым излучением

В наиболее обобщённом виде состав оборудования для обработки зерна УФ-излучением, входит накопительный бункер, дозатор, устройства для перемещения зерна, электропривод, источники УФ-излучения, датчики контроля параметров, блок управления.

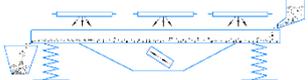
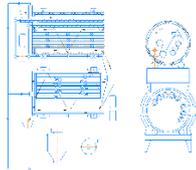
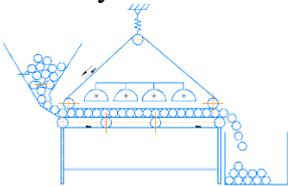
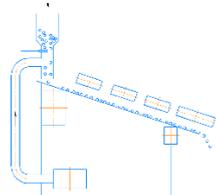
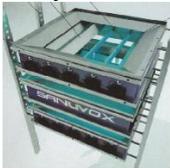
Основной элемент устройства – источник ультрафиолетового излучения, от которого происходит целенаправленное электромагнитное воздействие на обрабатываемую поверхность с зерном. Работа остальных элементов структуры направлена на обеспечение необходимых режимов обработки. Устройства для перемещения зерна предназначены для подачи обрабатываемого материала до источника УФ-излучения. В некоторых конструкциях зерно облучают в состоянии свободного падения. Обзор известных устройств для обработки зерна УФ-излучением показывает, что установки по конструктивному исполнению могут быть чрезвычайно разнообразны.

Следует отметить, что для УФ-обработки зерна перед проращиванием можно использовать известные конструкции для предпосевной УФ-обработки семян. Сущность обработки, заключающаяся в обеззараживании поверхности и стимуляции ростовых процессов посредством УФ-обработки, неизменна как для устройств предпосевной УФ-обработки, так и в установках для обработки зерна перед проращиванием. В представленном анализе устройства для УФ-обработки рассматриваются совместно. Анализ конструкций существующих устройств УФ-обработки зерна представлен в таблице 1.1.

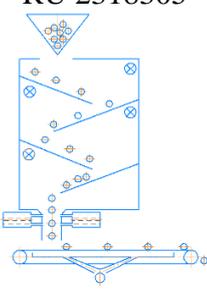
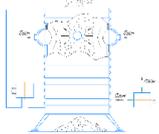
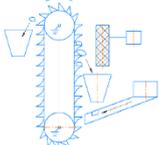
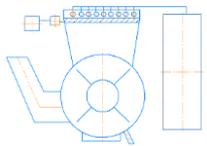
Таблица 1.1 – Анализ конструкций устройств ультрафиолетовой обработки зерна

Тип и схематическое изображение конструкции	Разработчики и исследователи	Принцип действия	Недостатки
<p>Устройство для обеззараживания сыпучих материалов по патенту RU 2602207</p> 	<p>Герасимов А.В., Веселов Ю.С., Петров Н.М., Шитников Е.И., Безлепкин А.И., Волков А.Ю. [40]</p>	<p>Ультрафиолетовая обработка материала при движении по ленточному конвейеру</p>	<p>Отсутствие технических средств для перемешивания обрабатываемого слоя</p>
<p>Устройство по ультрафиолетовому облучению материалов по патенту RU 2537500</p> 	<p>Хасаев Х.С., Хасаев С.С., Кабалоев Т.Х. [41]</p>	<p>УФ-облучение зерна во вращающемся барабане со спиралевидными полостями</p>	<p>Отсутствие защиты УФ-ламп от повреждения</p>
<p>Установка для обработки сыпучих продуктов облучением по патенту RU 2157650</p> 	<p>Кулюкин В.М., Доброзракова Е.В., Кулюкин О.В., Рязанов В.А. [42]</p>	<p>ИК- и УФ-облучение зерна во вращающемся барабане</p>	<p>Масса обрабатываемого материала ограничена объемом карманообразных полостей в барабане</p>
<p>Установка для обработки сыпучих продуктов ультрафиолетовым облучением по патенту RU 2228120</p> 	<p>Демидов В.А., Красночуб А.В. [43]</p>	<p>УФ-обработка зерна при движении в цилиндрической камере</p>	<p>Сложность обработки больших объемов зерна. Для получения более высокой дозы облучения необходима повторная обработка</p>

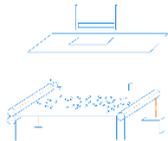
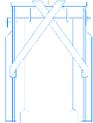
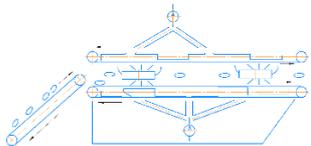
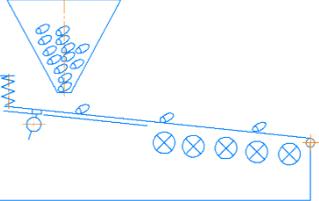
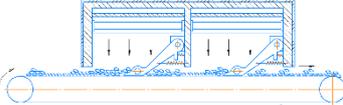
Продолжение таблицы 1.1

Тип и схематическое изображение конструкции	Разработчики и исследователи	Принцип действия	Недостатки
<p>Способ обеззараживания сыпучих продуктов и устройство для его осуществления по патенту RU 2279806</p> 	<p>Архипов В.П., Базиков В.И., Камруков А.С., Козлов Н.П., Крылов А.И. [44]</p>	<p>УФ-обработка зерна при движении по наклонному вибрирующему лотку</p>	<p>Снижение потока излучения от УФ-ламп в результате скопления пыли от вибрационного лотка с зерном</p>
<p>Установка для обработки сыпучих продуктов облучением по патенту RU 2124299</p> 	<p>Зелинский Г.С., Шевченко Э.Е., Новиков Н.Н., Приезжаева Л.Г., Шухнов А.Ф., Карягин Н.В., Затолокин В.И. [45]</p>	<p>Обработка зерна ИК- и УФ-излучением. ИК-сушка зерна в первом барабане в комбинации с УФ-обработкой во втором</p>	<p>Сложность конструкции, как результат сложность обслуживания</p>
<p>Устройство для предпосевной обработки крупных семян по патенту RU 2475010</p> 	<p>Карпов В.Н., Юлдашев Р.З., Карпов Н.В., Юлдашев З.Ш. [46]</p>	<p>Ультрафиолетовое облучение при движении между двух ленточных транспортёров имеюших различную частоту вращения</p>	<p>Сложность обработки семян небольших размеров</p>
<p>Устройство для предпосевной обработки семян по патенту RU 2537919</p> 	<p>Федотов В.А., Алтухов И.В., Очеров В.Д. [47]</p>	<p>Перемещаясь по жёлобу, зерно поочередно попадает в зону воздействия инфракрасного и УФ-излучения</p>	<p>Одновременное применение ИК- и УФ-облучения может спровоцировать у патогенных микроорганизмов взаимно противоположные реакции</p>
<p>Модульная установка для обработки сыпучих зерновых продуктов ультрафиолетовым излучением</p> 	<p>N.A. Maftai, A.Y. Ramos-Villarroel, A.I. Nicolau [48]</p>	<p>Работа установки основана на просыпании зерна через модули с УФ-лампами</p>	<p>Отсутствие возможности отключения отдельных модулей</p>

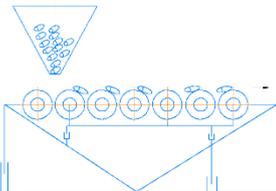
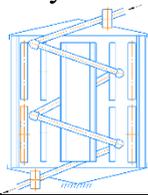
Продолжение таблицы 1.1

Тип и схематическое изображение конструкции	Разработчики и исследователи	Принцип действия	Недостатки
<p>Способ предпосевной обработки семян пшеницы по патенту RU 2318305</p> 	<p>Савельев В.А., Курочкина О.А. [49]</p>	<p>Обработка УФ-лампами происходит в процессе перекачивания зерна по ярусам полок. После обработки на поверхность зерна наносится раствор на основе клеящего вещества</p>	<p>Конструкция не предусматривает возможность энергетической освещенности УФ-излучения</p>
<p>Облучательная камера по патенту RU 2282340</p> 	<p>Долгих П.П., Кулаков Н.В., Лоц Е.В. [50]</p>	<p>Обработка ИК- и УФ-излучением при движении по винтовой спирали</p>	<p>Отсутствие защиты УФ-ламп от повреждений, трудоёмкость очистки источников излучения от пыли</p>
<p>Устройство для предпосевной обработки семян по патенту RU 2290775</p> 	<p>Потапенко И.А., Богдан А.В., Амерханов Р.А., Стрижков И.Г., Ададунов Е.А., Харченко П.М. [51]</p>	<p>Обработка посредством импульсного тока, озона и УФ-излучения</p>	<p>Отсутствуют средства контроля концентрации озона и защиты УФ-ламп от повреждений</p>
<p>Триер с УФ излучателем по патенту RU 2589781</p> 	<p>Стерхова Т.Н., Кондратьева Н.П., Корнаухов П.Д., Кондратьева М.Г. [52]</p>	<p>УФ-облучение при перемещении триером</p>	<p>Низкая поточность обработки</p>
<p>Установка для обработки сыпучих продуктов облучением по патенту RU 38540</p> 	<p>Демидов Д.А., Красночуб А.В. [53]</p>	<p>УФ-обработка во взвешенном состоянии</p>	<p>Снижение потока УФ-облучение при скоплении пыли в барабане</p>

Продолжение таблицы 1.1

Тип и схематическое изображение конструкции	Разработчики и исследователи	Принцип действия	Недостатки
<p>Устройство для предпосевной обработки семян по патенту RU 54714</p> 	<p>Владыкин И.Р., Кондратьева Н.П. [54]</p>	<p>УФ-обработка на ленте конвейера</p>	<p>Облучение семян осуществляется только с одной стороны</p>
<p>Устройство для облучения семян по патенту RU 2551154</p> 	<p>Бароев Т.Р., Бекузарова С.А., Тадтаев Ю.Е., Тедеева З.У. [55]</p>	<p>Под облучатель устанавливают чашки Петри с семенами и включают УФ-лампы</p>	<p>Конструкция имеет низкую производительность. Процесс облучения семян не автоматизирован</p>
<p>Устройство для предпосевной обработки семян по патенту SU 1063304</p> 	<p>Савельев В.А. [56]</p>	<p>УФ-облучение семян осуществляется при движении между двумя ленточными транспортёрами в слое воздуха</p>	<p>Сложность конструкции и контроля требуемой дозы обработки</p>
<p>Устройство для обработки семян по патенту SU 1517788</p> 	<p>Савельев В.А. [57]</p>	<p>Обработка семян с брюшной стороны на вибрирующем полотне. УФ-источники расположены под полотном</p>	<p>Снижение потока УФ-излучения при загрязнении пылью рабочей поверхности над лампами</p>
<p>Устройство для перемешивания и обработки продукта ультрафиолетовыми лучами по патенту SU 1558318</p> 	<p>Бохан Н.И., Дробышев Г.Ю., Цвирко Л.Ю., Дробышев Ю.В. [58]</p>	<p>Обработка зерна на ленточном транспортёре с периодическим перемешиванием слоя лопатками</p>	<p>Отсутствие устройств контроля дозы облучения</p>

Продолжение таблицы 1.1

Тип и схематическое изображение конструкции	Разработчики и исследователи	Принцип действия	Недостатки
<p>Устройство для предпосевной обработки семян по патенту SU 1240374</p> 	<p>Савельева Н.А. [59]</p>	<p>УФ-обработка семян, перемещаемых валиками. Внутри валиков находятся УФ-лампы</p>	<p>Отсутствие средств автоматизации технологического процесса обработки семян</p>
<p>Устройство для обработки сыпучих материалов по патенту SU 1732917</p> 	<p>Круглик В.И., Мешков Е.А. [60]</p>	<p>УФ-обработка материала перемещающегося по оптически прозрачному змеевику</p>	<p>Низкая производительность установки</p>
<p>Схема предпосевной обработки</p> 	<p>Рогожин Ю.В., Рогожин В.В. [61]</p>	<p>Перемещение зерна на транспортёре сопровождается УФ-облучением ртутно-кварцевой лампой</p>	<p>В конструкции отсутствуют средства автоматизации процесса обработки</p>

Кроме рассмотренных технических средств в научной литературе можно встретить различные рекомендации по УФ-обработке зерна. Например, ученый Есиев С.С. предложил способ обработки, заключающийся в УФ-облучении семян в дистиллированной воде [62].

В 1993 году Савельев В.А. предложил способ обработки зерна пшеницы или ячменя заключающийся в обработке излучением УФ-спектра с дозой 35 кДж/м^2 . Одновременно с облучением поверхность зерна покрывают клеящим веществом с водопоглощающей способностью. Период обработки выбирают исходя из уровня зараженности и качества зерна, он может быть в пределах от 10 секунд до 13 минут [63].

В 2002 году коллективом учёных Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова был предложен способ обработки зерновых и зернобобовых культур основанный на УФ-облучении от источника с длиной волны 200-400 нм в течение 10-15 минут с дальнейшей обработкой в растворе бишофит сульфатного типа (3-4 часа) [64].

Интерес представляет устройство для дезинфекции зерна изобретённое Китайскими учеными Ян Ваньчжун и Ян Сяомин. Устройство для дезинфекции состоит из герметичного корпуса со встроенными УФ-лампами, водяного насоса, вала со щётками, привода, контейнера с дезинфицирующим средством.

Для работы устройства в корпус заливают воду, дезинфицирующее средство автоматически смешивается с водой. В корпус засыпают зерно. Вал с щётками начинает вращение и промывку зерна. Совместно с вращением вала включаются УФ-лампы. После завершения обработки зерно извлекают. Таким образом, проходит комбинированное воздействие с применением химических средств и электрофизической обработки [65].

Изобретателями Хайдингер Гленн и Чарлз Уилсон из США предложено устройство обработки ультрафиолетовым излучением для повышения урожайности культур. Для подавления патогенной микрофлоры на поверхности зерна учёные применяли импульсную обработку лазерным излучением в диапазоне УФ-С [66].

Исследователь Канеко Июн из Японии запатентовал способ стерилизации зерна и устройство для его осуществления. Устройство позволяет стерилизовать зерно за короткое время. Облучение происходит световыми импульсами в диапазоне длин волн, соответствующих УФ-излучению. Облучение происходит в состоянии свободного падения. Зерно пролетает через корпус с закреплёнными источниками УФ-излучения. Внутренняя поверхность корпуса снабжена отражающими

зеркалами. В корпус зерно подают из бункера через вибрационный питатель. Обработанное зерно скапливается в контейнере [67].

Преимуществом данного устройства является облучение зерна со всех сторон. Возможность регулировки дозы воздействия.

В устройстве для дезинфекции зерна предложенном изобретателями Ван Цзяньян и Чжан Инчунь [68], обработка проходит комбинированным способом. Зерно помещают в жидкость с дезинфицирующими добавками и при этом облучают УФ-лампами. После обработки, зерно в устройстве высушивают потоком теплого воздуха.

Специалистами из Китая Ю Сяохуа и Чжу Гоцзюнь предложен метод дезинфекции семян в закрытом вращающемся барабане [69]. Основным элементом конструкции предложенного устройства выступает барабан с полостями для удержания семян. Барабан выполнен с возможностью вращения от электродвигателя. По оси барабана закреплена УФ-лампа. К барабану подведена трубка, через которую распыляют препарат с действующими веществами. Дезинфекция семян происходит при УФ-облучении и обработки распыляемым раствором. Вращение барабана позволяет перемещать семена, что повышает равномерность их обработки.

Недостаток предложенного устройства связан с отсутствием механизации процесса загрузки барабана и извлечения обработанных семян.

Научный коллектив из Китая предложил устройство для дезинфекции, обеззараживания и сушки семян. Ученые Ду Хинви, Хи Шуанвэй, Цзинь Синь, Ли Юченг, Мао Веньхуа, Ван Ёнгю разработали устройство, предназначенное для обработки семян после уборки. Конструкция включает: загрузочный бункер, два сортировочных сита для разделения семян по размерам, кожух, нагнетатель воздуха, три ультразвуковых преобразователя и УФ-лампы. Работа устройства решает несколько технологических задач: сортировка семян по размерам, обеззараживание семян УФ-излучением, сушка ультразвуком [70].

Известно устройство изобретателей Хайдингер Гленн Фредерик и Уилсон Чарльз Линдсей (США) [71]. Изобретение решает задачу повышения урожайности сельскохозяйственных культур путём применения УФ-облучение в спектре УФ-С, рентгеновских лучей, гамма-лучей и облучения электромагнитным полем. По заявлению автора, этот метод можно использовать отдельно для повышения урожайности или в сочетании с применяющейся химической обработкой.

При этом, применение устройств обработки зерна с использованием рентгеновских и гамма-лучей не получило большого распространения в нашей стране по причине сложности конструкции и высоких требований к безопасности эксплуатируемых устройств.

Проведённый анализ позволил выделить наиболее перспективные конструкции устройств ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием и установки УФ-обработки перед посевом. Все разнообразие рассмотренных устройств для обработки зерна с использованием ультрафиолетовых технологий можно классифицировать по наличию общих признаков. На рисунке 1.4 приведена классификация устройств УФ-обработки зерна.

Проанализировав рассмотренные конструкции устройств для обработки зерна УФ-излучением можно отметить наличие общих недостатков: низкая производительность устройств, низкая равномерность облучения зерна, сложная конструкция, отсутствие возможности управления режимами обработки. Известно, что ультрафиолетовое излучение бактерицидного диапазона УФ-С не способно проникать в глубь слоя зерна, поэтому перспективными являются конструкции, которые позволяют перемешивать слой зерна во время обработки, таким образом решается задача повышения равномерности ультрафиолетовой обработки.

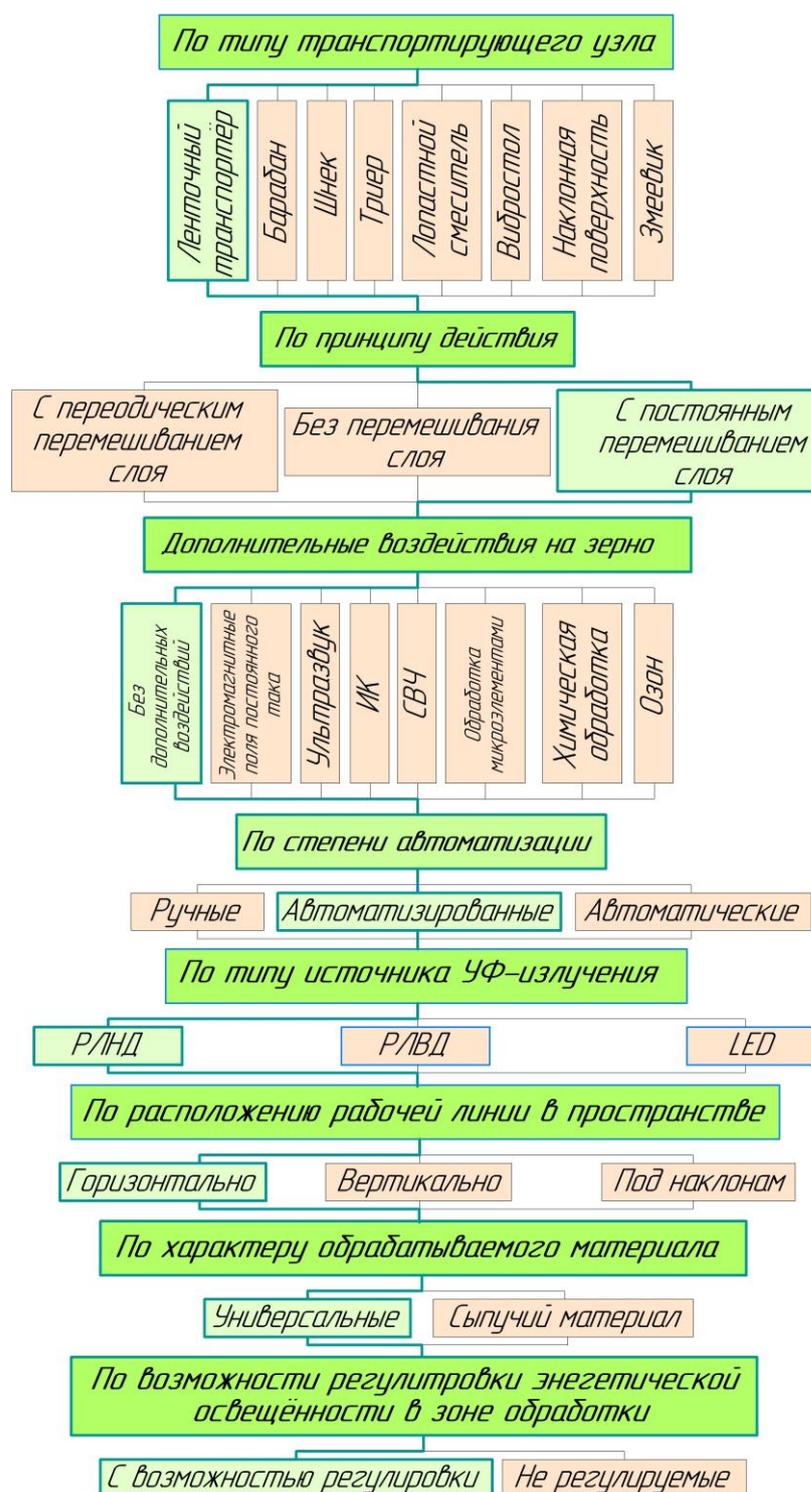


Рисунок 1.4– Классификация устройств УФ-обработки зерна

Очевидна необходимость более глубокого изучения особенностей влияния УФ-обработки на зерно и вместе с этим поиск оптимальных параметров и конструктивных решений, которые по оптическим характеристикам применимы для УФ-обработки зерна перед проращиванием на витаминный корм.

Выводы по первой главе

Анализ существующих способов обработки зерна перед проращиванием, технических средств и конструкций устройств для ультрафиолетовой обработки зерна показал, что к одному из наиболее эффективных способов обеззараживания зерна перед проращиванием относится электрофизическая обработка, основанная на применении энергии оптического излучения ультрафиолетового диапазона. Использование ультрафиолетовых технологий обладает рядом преимуществ: низкое энергопотребление, возможность автоматизации управления процессом, технологичность, внедрение в существующие производственные процессы без существенного переоборудования, отсутствие влияния на вкус и запах продукта после обработки, высокий бактерицидный эффект.

Для эффективного использования ультрафиолетовой обработки в производстве необходимо решить ряд научных задач технологического и технического характера, связанных с обеспечением равномерности обработки слоя зерна, непрерывности и поточности обработки, управления режимами обработки, снижением энергетических и материальных затрат.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ ЗЕРНА

2.1 Оценка бактерицидного действия ультрафиолетового излучения

Ультрафиолетовое излучение расположено в диапазоне между рентгеновским и видимым излучением. По происхождению имеет электромагнитную природу. Ультрафиолетовое излучение условно делят на три спектра (УФ-А, УФ-В, УФ-С) представленные на рисунке 2.1.

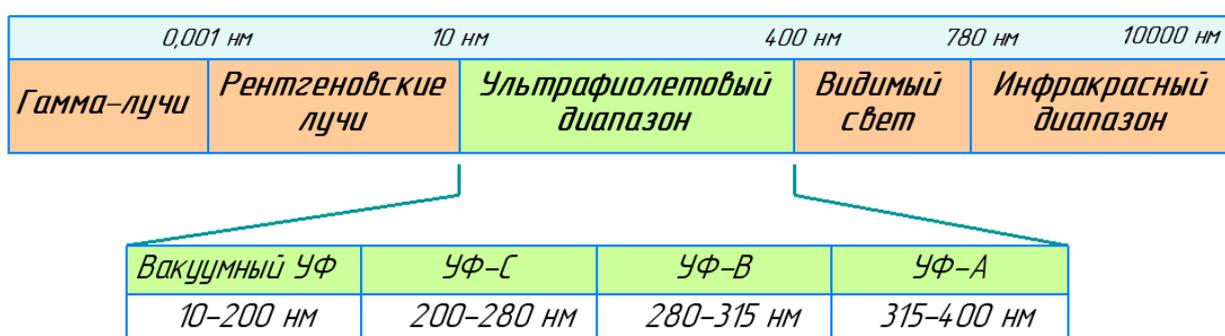


Рисунок 2.1 – Ультрафиолетовое излучение

Каждый спектр оптического излучения характеризуется своими специфическими особенностями биологического действия на живые организмы.

Спектр ультрафиолетового излучения занимает диапазон от 10 до 400 нм. В нём можно выделить коротковолновое излучение от 10 до 100 нм, которое способно ионизировать молекулы и атомы, в связи с чем получило название ионизирующее. За ним следует вакуумное излучение с длиной волны от 100 до 200 нм. Вся доля вакуумного УФ-излучения поглощается в верхних слоях атмосферы и преобразуется в озон. Далее следует диапазон излучения УФ-С (200-280 нм), который относят к «жесткому» излучению. При воздействии на живые клетки приводит к разрушению ДНК и РНК. Благодаря таким свойствам, данный диапазон называют бактерицидным. Диапазон УФ-С не проникает в кожу человека, однако длительное воздействие излучения способно привести к ожогам.

Диапазон излучения УФ-В (280-315 нм) так же обладает бактерицидным действием, хотя и мене выраженным в сравнении с излучением диапазона УФ-С. Излучение диапазона УФ-В способно оказывать вредное воздействие на развитие растений. При облучении животных проявляется антирахитичный эффект. Воздействие излучения на кожу приводит к солнечным ожогам. Диапазон излучения УФ-А (315-400 нм) называют «мягким» излучением. Оно хорошо проникает в кожу человека и животных, выполняет положительную регуляторную роль в развитии растений. Излучение в диапазоне 280-400 нм получило название витальное, так как полезно для человека и животных, при условии соблюдения установленных доз облучения.

Отмечаются разные реакции живых клеток на ультрафиолетовое излучение. Зависимость относительной спектральной бактерицидной эффективности $S(\lambda)_{отн}$ от длины волны излучения λ представлена на рисунке 2.2 [72].

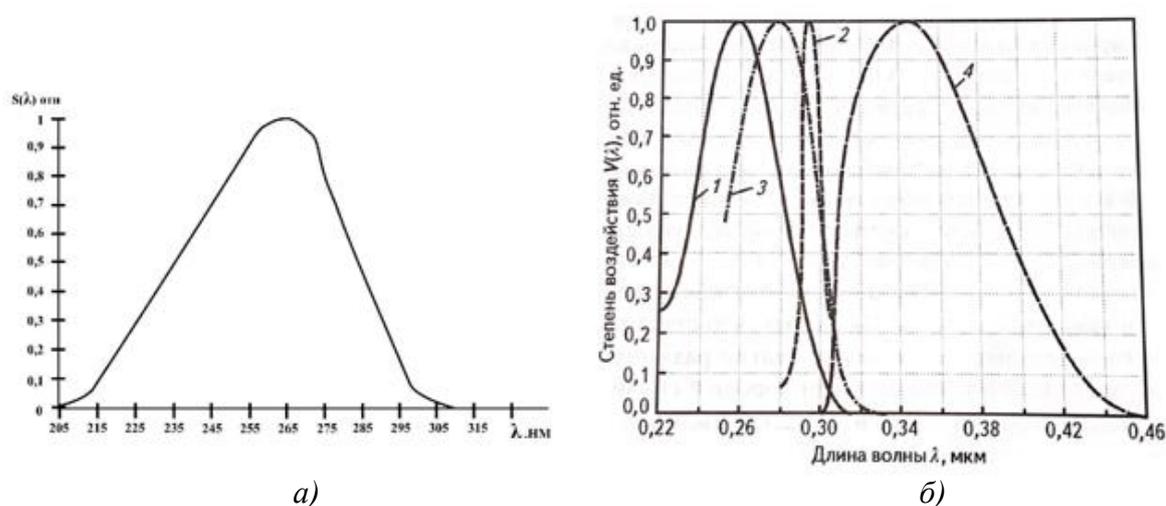


Рисунок 2.2 – Бактерицидная эффективность ультрафиолетового излучения

a - кривая относительной спектральной бактерицидной эффективности ультрафиолетового излучения; *б* - степень воздействия УФ-излучения с различной длиной волны; 1- бактерицидная кривая; 2 - витальная; 3 - антирахитная; 4 - загарная

При использовании источников ультрафиолетового облучения мы должны учитывать относительную бактерицидную эффективность $S(\lambda)_{отн}$. За

единицу относительной бактерицидной эффективности принято излучение с длиной волны 254 нм. Эта длина волны выступает доминирующей у самых распространённых источников ультрафиолетового излучения – ртутных ламп низкого давления.

Известно, что максимальный бактерицидный эффект ультрафиолетового излучения отмечается с длиной волны 254 нм. Однако, согласно последним публикациям для отдельных микроорганизмов максимальное значение $S(\lambda)_{\text{отн}}$ соответствует длине волны 265 и 270 нм, в отдельных случаях 271 нм [72]. За единицу бактерицидного потока принят «бакт» равный мощности 1 Вт при длине волны соответствующей максимуму бактерицидной чувствительности (около 265 нм). Для удобства расчётов был выведен переходный коэффициент между двумя системами. Переходный коэффициент для пересчета в *Ватт* для максимума бактерицидного действия равен $k=0,86$ (1 бакт. = 0,86 Вт).

Бактерицидный поток источника ультрафиолетового излучения оценивается соотношением [73]:

$$\Phi_{\text{л.бк}} = \int_{205}^{315} \Phi_e(\lambda) \cdot S(\lambda)_{\text{отн}} \cdot d(\lambda), \quad (2.1)$$

где $\Phi_e(\lambda)$ - спектральная плотность потока излучения, *Вт/нм*;

$S(\lambda)_{\text{отн}}$ - спектральная бактерицидная эффективность в относительных единицах;

$d(\lambda)$ - длина волны излучения, *нм*.

Для определения бактерицидной облучённости используют выражение [73]:

$$E_{\text{бк}} = \Phi_{\text{л.бк}}/S, \quad (2.2)$$

где S - площадь облучаемой поверхности, *м²*.

Единицей бактерицидной облученности выступает *Вт/м²*. Количество бактерицидного облучения измеряется в *Вт/м²·с* (*бакт/м²·с*).

Известно, что ультрафиолетовое излучение не способно проникать в глубь живых тканей более чем на 1 мм. Основное воздействие происходит на

поверхности облучаемых участков. При воздействии на кожные покровы проявляется покраснение – эритема. В качестве единицы эритемой дозы принят 1 эр, что эквивалентно 1 Вт мощности с длиной волны 297 нм при облучении одну секунду.

Если обеспечить чрезвычайно высокую облучённость поверхности УФ-излучением (1-10 кВт/см²) температура бактерий и вирусов резко возрастёт, что приведет к разрушению микроорганизмов от перегрева. В практике для реализации такой обработки нужны мощные импульсные источники УФ-излучения, однако подобный подход обеззараживания экономически не обоснован.

Средний уровень УФ-излучения приводит к разрушению внешних мембран протеиновых клеток у микроорганизмов. В последующем микроорганизмы погибают.

Низкий уровень облученности воздействует на ДНК и РНК клеток и нарушает их способность размножаться, блокируя воспроизводства клеток. Такой процесс называют инактивацией. Клетки после УФ-облучения продолжают жить, но поскольку число бактерий и вирусов не возрастает, они не способны возбуждать заболевания и причинить вред носителю. В сельском хозяйстве при обработке семян, зерна, воды и обеззараживании воздуха используют излучение, условно отнесенное нами к «низкому уровню».

При описании характеристик УФ-излучения используют светотехнические величины, основные из которых приведены в таблице 2.1 [72].

Для расчёта показателя бактерицидной эффективности используют выражение [73]:

$$J_{\text{вх}} = (N_{\text{п}}/N_{\text{н}}) \cdot 100\%, \quad (2.3)$$

где $N_{\text{п}}$ - число погибших микроорганизмов;

$N_{\text{н}}$ – число микроорганизмов до обработки.

Таблица 2.1 – Радиометрические энергетические величины ультрафиолетового излучения, используемые в светотехнике

Величина	Обозначение и формула	Определение	Единица измерения
Энергия излучения	W_e	Энергия, переносимая излучением	Джоуль (Дж), Вт·с
Поток излучения	$\Phi_e = W_e/t$	Отношение энергии излучения ко времени действия (t, c)	Ватт (Вт)
Спектральная плотность потока излучения	$\Phi_{e,\lambda} = \Phi_\lambda/\Delta\lambda$	Отношение потока Излучения ($\Phi_\lambda, Вт$) в узком интервале длин волн к этому интервалу ($\Delta\lambda нм$).	Вт/нм
Сила излучения (угловая плотность потока излучения)	$I_e = \Phi_e/\Omega$	Отношение потока излучения к телесному углу ($\Omega, ср$), в котором распространяется излучение	Вт/ср
Облучённость (поверхностная плотность потока излучения)	$E_e = \Phi_e/S$	Отношение потока излучения к облучаемой площади ($S, м^2$).	Вт/м ²
Поверхностная доза	$H_s = W_e/S$	Отношение энергии излучения к облучаемой площади ($S, м^2$).	Дж/м ²
Объёмная доза	$H_V = W_e/V$	Отношение энергии излучения к облучаемому объекту ($V, м^3$)	Дж/м ³

К документам, регламентирующим правила обращения с ультрафиолетовыми лампами относятся методические указания по применению бактерицидных ламп для обеззараживания воздуха и поверхностей Минздравмедпрома РФ от 28.02.1995 №11-16/03-06. В таблице 2.2 даны экспериментальные значения дозы и бактерицидной эффективности для некоторых видов микроорганизмов при обработки ультрафиолетовыми источниками с длиной волны 254 нм [73].

Таблица 2.2 – Экспериментальные значения дозы и бактерицидной эффективности для отдельных видов микроорганизмов

Виды микроорганизмов	Дозы, Дж/м ² , при бактерицидной эффективности, %	
	90	99,9
Staphylococcus aureus (Золотистый стафилококк)	49	66
Corynebakterium diphteria (дифтерийная палочка)	34	65
Salmonella enteritidis (сальмонелла энтеритидис)	40	76
Бактериофаг кишечной палочки	36	66
Дрожжевые грибы	314-640	-
Плесневые грибы	120-1800	364-3300

При обработке микроорганизмы способны проявлять сопротивляемость воздействию ультрафиолетового излучения. Существует соотношение для определения сопротивляемости микроорганизмов, выживших после ультрафиолетового облучения [73]:

$$N_t/N_0 = e^{-k \cdot E_{\text{эфф}} \cdot t}, \quad (2.4)$$

где N_t - число микробов в момент времени t ;

N_0 - число микробов до обработки;

k - коэффициент, зависящий от вида микроорганизмов;

$E_{\text{эфф}}$ - эффективная плотность облучения ($Вт/м^2$).

Интенсивность УФ-облучения для обеззараживания некоторых организмов приведена на рисунке 2.3 [73].

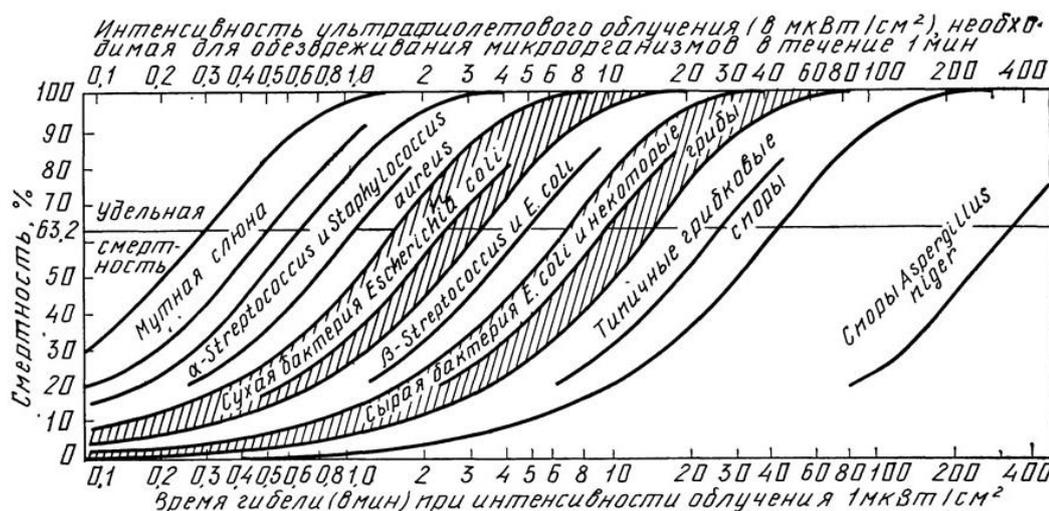


Рисунок 2.3 – Интенсивность ультрафиолетового облучения, необходимая для обеззараживания некоторых микроорганизмов

Таким образом, можно отметить целый ряд достоинств в пользу применения ультрафиолетового обеззараживания в различных областях сельского хозяйства, среди них:

- эффективность против широкого спектра патогенных микроорганизмов;
- не требует дополнительной обработки (в том числе химической);
- высокая эффективность за короткое время воздействия;

- не портит вкус и запах продуктов и кормов после обработки;
- не вызывает образование токсичных веществ после обработки;
- безопасность использования (в сравнение с химической обработкой);
- не загрязняет окружающую среду (при правильной утилизации отработанных ультрафиолетовых ламп);
- возможность внедрения в большинство технологических процессов сельскохозяйственного производства;
- лёгкость автоматизации процесса обработки.

Наиболее важным вопросом практического применения является расчёт необходимой дозы обработки.

Необходимую дозу облучения dH в общем случае мы можем найти как произведение энергетической освещённости $E(t)$ на продолжительность обработки dt [73]:

$$dH = E(t) \cdot dt, \quad (2.5)$$

где E – энергетическая освещённость, $Вт/м^2$;

t - продолжительность облучения, $с$.

Тогда за время облучения t доза составит [103]:

$$H(t) = \int_0^t E(t) \cdot dt, \quad (2.6)$$

Единицей измерения дозы облучения является Джоуль на квадратный метр ($Дж/м^2$).

В США и Канаде для оценки количества энергии УФ-излучения на единицу площади ($Дж/м^2$) используют название «флуенс». В научной и технической литературе нашей страны и Европы принято использовать термин «доза».

2.2 Источники ультрафиолетового излучения

При выборе источников ультрафиолетового излучения для обеззараживания продуктов или среды в качестве основной характеристики

выступает бактерицидная эффективность источника излучения. Как было отмечено в предыдущей главе наибольшим бактерицидным эффектом будут обладать источники излучения, спектр которых находится в диапазоне 205-315 нм. Кроме спектра излучения определяющими факторами выступают:

- мощность источника;
- рабочий и полный ресурс источника;
- КПД;
- снижение потока излучения в процессе эксплуатации;
- геометрические размеры источника;
- стоимость источника;
- стоимость и ресурс электронного блока питания источника;
- безопасность использования источника.

В зависимости от технологических процессов выдвигают и дополнительные требования к источникам ультрафиолетового облучения. В некоторых технологиях необходимо обеспечить стабильность работы источника при перепадах температуры. В отдельных случаях необходимо обеспечить быстрый розжиг ультрафиолетовых ламп.

В качестве источников ультрафиолетового излучения наибольшее распространение получили газоразрядные источники, кроме этого существуют термические, твердотельные и полупроводниковые источники. Классификация источников ультрафиолетового излучения приведена на рисунке 2.4.

Термические источники. Излучение тел, нагретых до нескольких тысяч градусов Цельсия содержит заметную долю ультрафиолетового спектра. Солнце является естественным термическим источником ультрафиолетового излучения.

Диапазон излучения солнца содержит до 9% ультрафиолетового спектра. Постоянному воздействию ультрафиолетового излучения на рабочих местах подвергаются электрогазосварщики и литейщики.

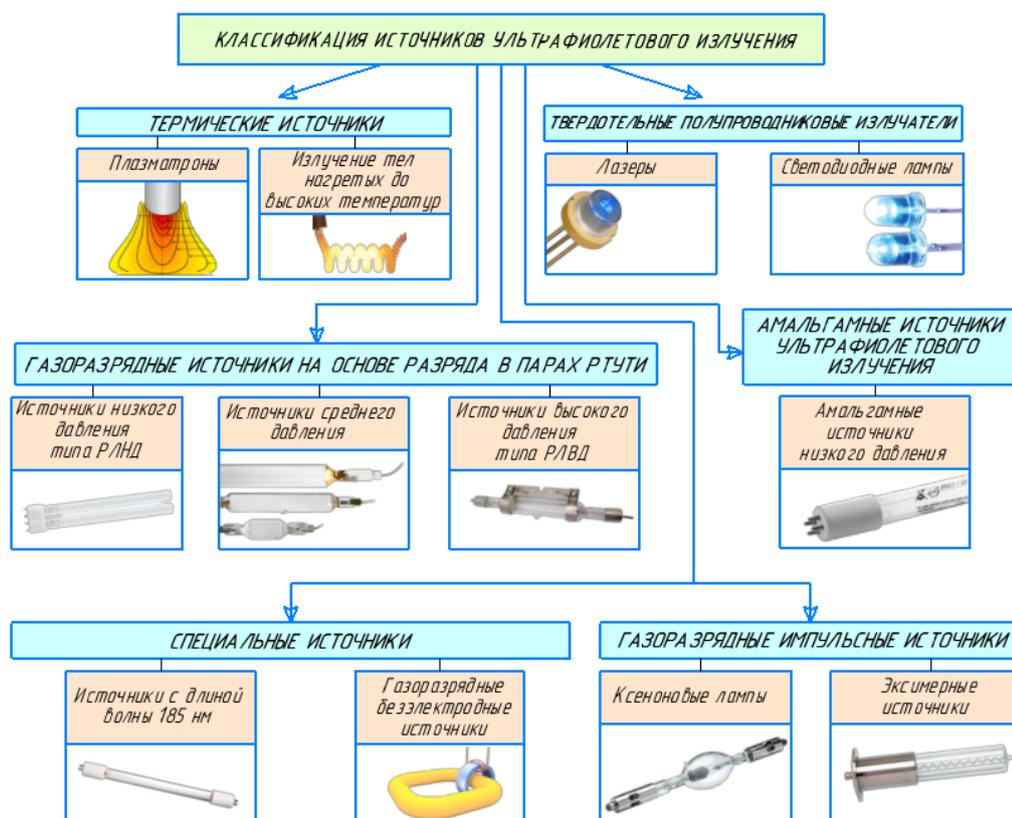


Рисунок 2.4 – Классификация источников УФ-излучения

Наиболее высокие уровни УФ-облучения длинноволновой области отмечаются при работе с ручной дуговой сваркой. Ультрафиолетовое излучение можно получить при использовании плазматронов или других плазменных устройств. На практике термические источники применяются крайне редко.

Твердотельные полупроводниковые излучатели. В качестве источника ультрафиолетового излучения можно применять светодиоды и лазерные диоды. Принцип работы таких источников основан на возникновении ультрафиолетового излучения при прохождении тока в полупроводниковых материалах. В качестве материалов применяют широкозонные полупроводники (GaN , $AlGaN$, AlN). На сегодняшний день созданы диодные ультрафиолетовые источники с длиной волны более 240 нм. Однако, срок службы таких источников низкий (от нескольких сотен до тысячи часов), КПД зависит от длины волны. При длинах волн 250-255 нм значение КПД

находится на уровне 0,01-0,015%. Стоимость очень высокая, мощность низкая (несколько милливатт) [72].

Газоразрядные источники излучения считаются самыми распространёнными во всех областях применения ультрафиолетовых технологий. Они характеризуются высоким КПД, большим ресурсом, простотой в эксплуатации. Газоразрядные источники подразделяют на ртутные лампы низкого давления, лампы высокого и среднего давления (в зарубежной научной литературе не применяют термин ультрафиолетовые лампы высокого давления, эта категория соответствует термину лампы с разрядом среднего давления).

Традиционные ультрафиолетовые источники низкого давления используют в системах обеззараживания малой и средней производительности. Этот сегмент рынка наиболее загруженный, что обуславливает большое число производителей подобных ламп. Давление паров ртути в лампах низкого давления составляет 0,7-1,5 Па, давление инертных газов 10-500 Па. Выпускаемые лампы можно разделить на три класса – лампы с колбой из кварцевого стекла, лампы с колбой из увиолевого стекла и кварцевые ртутные лампы повышенного давления. Для уменьшения габаритов лампы отдельные производители выпускают компактные классы с уменьшенным размером источников облучения благодаря U-образной формы.

Лампы с колбами из увиолевого стекла (*Soft Glass*) дешевле в производстве своих аналогов, выпускаемых из чистого кварца. Мировое первенство по объёмам производства таких ламп принадлежит компаниям Philips (Голландия), Osram (Германия), отечественному производителю - объединение ООО ССЗ Лисма (Саранск).

Для изготовления стандартных ламп используют чистый кварц (*Standard quartz*), что обеспечивает высокую пропускную способность (до 90%) по отношению к ультрафиолетовому излучению с длиной волны 254 нм. Для поглощения коротковолнового озonoобразующего излучения (длина волны 185 нм) в кварц добавляют окись титана. Лампы с добавлением окиси титана

называют безозоновыми. Срок службы кварцевых ламп доходит до 16 000 часов, КПД до 40% [72].

Лампы низкого давления повышенной мощности (*High Output Quartz*) – разновидность стандартных кварцевых ламп. Такие модификации характеризуются повышенным током при работе (0,6-0,8 А вместо 0,3-0,45 А) усиленными электродами и более высокой мощностью УФ-излучения. Мировыми лидерами в производстве таких источников выступают компании Philips, Osram и Ushio (Япония).

Ультрафиолетовые источники на основе разряда высокого и среднего давления в парах ртути. Для повышения мощности излучения применяют ультрафиолетовые лампы высокого и среднего давления. Лампы такого типа выполняют из кварцевой трубки, внутри которой расположены два основных и два вспомогательных электрода. Внутри кварцевой трубки находится ртуть (30-500 мг) и инертный газ при давлении (1500-3000 Па). Отличительной особенностью ламп среднего давления является высокая единичная мощность и небольшие габариты. Ведущими производителями ламп в этом сегменте рынка выступают компании ООО ССЗ Лисма, Philips, Osram, Ushio.

Амальгамные источники ультрафиолетового излучения. Амальгамой называют твердый или жидкий раствор ртути в одном или нескольких металлах. Применение амальгамы в газоразрядных лампах позволяет поддерживать установленное давление в парах ртути при увеличении силы тока, соответственно амальгамные лампы характеризуются гораздо большей мощностью в сравнении с традиционными ультрафиолетовыми лампами с жидкой ртутью внутри. Впервые амальгамные ультрафиолетовые лампы были открыты в 50-х годах прошлого столетия. При этом востребованными для промышленности амальгамные лампы стали только к концу 1990 годов. По аналогии с ртутными лампами в амальгамных основная энергия излучения приходится на линии 185 и 254 нм. Срок службы таких ламп составляет от 8000 до 18 000 часов, КПД от 25 до 42%. Спад потока излучения к концу срока службы находится в пределах от 5 до 30%. Мировое лидерство по выпуску

амальгамных ламп принадлежит компаниям НПО «ЛИТ» (Россия), Philips, Ushio, First Light (США). Амальгамные лампы считают перспективными источниками по совокупности основных показателей: бактерицидная эффективность, срок службы, экологичность, стоимость источника и ЭПРА, мощности.

Специальные источники ультрафиолетового излучения. Известно, что у атома ртути две интенсивных линии излучения 254 и 185 нм. Вторая линия интенсивности атома ртути (185 нм), относится к вакуумному ультрафиолетовому излучению. Основная область применения существующих УФ-ламп с длиной волны 185 нм - медицина и фармакология (очистка газов). Сложной технической задачей при производстве таких ламп является производство особо чистого кварца для изготовления колбы. Наличие небольшого числа микропримесей в кварцевой трубке способно поглощать значительную часть линии излучения 185 нм. Задача решается производством колбы из синтетического кварца.

К разновидностям специальных ламп относятся газоразрядные безэлектродные источники ультрафиолетового излучения. Впервые безэлектродный разряд был получен в 1884 году. В 1907 году принцип безэлектродного разряда с индуктивной связью с источником питания был запатентован. В 1998 году был получен патент на люминесцентную лампу трансформаторного типа. Конструкцию предложила компания Osram. Следующим шагом стало производство индуктивного люминесцентного источника трансформаторного типа (фирма Osram модель Endura). В нашей стране данные технологии изучали в Новосибирском институте теплофизики СО РАН. К преимуществам безэлектродных ламп можно отнести отсутствие катодного и анодного падения напряжения и возможность понижать давление наполняющего газа тем самым увеличивать эффективность разряда.

Газоразрядные импульсные источники ультрафиолетового излучения в инертных газах. Работа подобных источников излучения основана на возникновении дугового разряда в парах тяжёлых инертных газов (ксеноне,

криптоне). Представителями этой группы являются ксеноновые лампы. Отличительная особенность таких ламп - постоянная средняя плотность газа независимо от температуры колбы, как следствие, отсутствует период разогревания, при этом характеристики излучения не зависят от температуры колбы.

Еще одной разновидностью импульсных источников ультрафиолетового излучения являются эксимерные лампы (эксилампы). Излучение эксиламп происходит за счёт распада молекул, представляющих возбужденный комплекс атомов. Такие молекулы называют эксимерами. Эксимерами могут быть молекулы атомов одного вида или молекулы разных атомов. В эксимерной лампе, как и в разрядных ртутных источниках, возникает плазменный разряд, приводящий атомы в возбужденное состояние. Отличие заключается в том, что в современных эксимерных лампах разряд является диэлектрическим, т. е. плазма при разряде не имеет электрического контакта с электродами. В эксилампах не содержится ртуть, они способны мгновенно разжигаться, характеризуются большой энергией фотонов и высокой удельной мощностью. Современные исследования эксиламп сводятся к поиску состава люминофора для перевода УФ-излучения эксиламп в бактерицидный диапазон. Сложность и дорогая конструкция, невысокий КПД 15-20% генерации бактерицидного диапазона – основные недостатки эксимерных ламп.

2.3 Теоретические исследования установки ультрафиолетового облучения зерна

2.3.1 Технологические схемы устройств ультрафиолетовой обработки зерна

Для обеспечения эффективной обработки зерна УФ-излучением технологическая схема устройства должна строиться из принципа равномерности облучения всего слоя.

Эффективной УФ-обработкой можно назвать процесс, при котором каждой частице обрабатываемого материала сообщают некоторую энергию, не менее минимально допустимой дозы облучения. Доза облучения задаётся согласно имеющимся или разработанным рекомендациям. По своей структуре зерно можно рассматривать как дисперсный продукт растительного происхождения. Оптические воздействия на зерно проводят с целью улучшения качественных показателей: всхожести, энергии прорастания, снижения общей микробной обсеменённости, уничтожения плесени и грибов. Наиболее распространённые технологии обработки основаны на применении УФ-облучателей над перемещающимся слоем зерна. Однако при таком подходе может наблюдаться неравномерность облучения по глубине слоя. Для компенсации неравномерности прибегают к уменьшению толщины слоя зерна, от чего падает производительность устройства. Еще один из путей снижения неравномерности - механическое перемешивание обрабатываемого слоя. За счёт перемешивания слоя под источником облучения мы можем повысить равномерность и поточность обработки.

Существующие технологические схемы УФ-обработки зерна можно условно разделить на несколько видов. Классификация схем обработки приведена на рисунке 2.5.

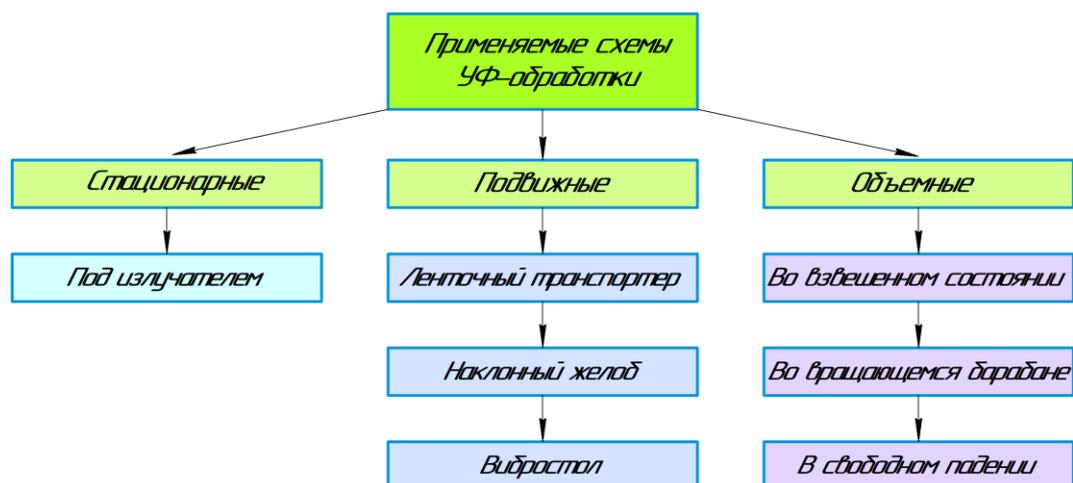


Рисунок 2.5 – Применяемые схемы УФ-обработки зерна

Рассмотрим существующие математические модели в теории УФ-облучения зерна.

Пространственное распределение силы излучения $I_{\text{Э}}$ для точечного источника ультрафиолетового излучения можно представить косинусной зависимостью [74]:

$$I_{\text{Э}\alpha} = I_{\text{Э}0} \cdot \cos \alpha, \quad (2.7)$$

где $I_{\text{Э}0}$, $I_{\text{Э}\alpha}$ – сила излучения лампы по её оптической оси и под углом α к ней, $\text{Вт} \cdot \text{ср}^{-1}$.

Известно, что облучённость зерна зависит от формы, силы излучения и расстояния до источника излучения. Согласно общепринятым допущениям форму зерновки можно выразить в виде цилиндра (рисунок 2.6).

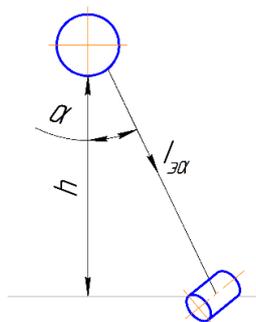


Рисунок 2.6 – К расчёту облучённости отдельно взятой зерновки от точечного источника

Таким образом, энергетическую облучённость мы можем определить по выражению [74]:

$$E = \frac{I_{\text{Э}} \cdot \omega}{S} = \frac{\Phi_{\text{Э}}}{S}, \quad (2.8)$$

где $I_{\text{Э}}$ – сила излучения, $\text{Вт} \cdot \text{ср}^{-1}$;

ω – телесный угол, ср ;

S – поверхность облучаемого тела, м^2 ;

$\Phi_{\text{Э}}$ – величина эритемного потока, Вт .

Определив энергетическую облучённость, можно рассчитать необходимую дозу обработки.

В исследованиях Пономарёвой Н.Е. для определения облучённости на поверхности пшеницы предлагается использовать выражение [74]:

$$E_{\alpha} = 0,64 \cdot k_{\text{пр}} \cdot \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^2 \alpha}{h^2}, \quad (2.9)$$

где $k_{\text{пр}}$ – коэффициент пропускания потока;

I_{α} – сила излучения лампы, $\text{Вт} \cdot \text{ср}^{-1}$;

h – высота подвеса ультрафиолетовой лампы, м .

Предлагаемое выражение справедливо если мы рассматриваем облучение от точечного источника.

Для определения коэффициента пропускания $k_{\text{пр}}$ используют закон Бургера-Ламберта (при увеличении толщины обрабатываемого слоя зерна поток излучения будет уменьшаться по экспоненциальному закону) [74]:

$$\Phi_h = \Phi \cdot e^{-k(\lambda)h}, \quad (2.10)$$

где h – толщина обрабатываемого слоя, мм .

Φ_h – поток излучения, пропускаемый слоем зерна, Вт ;

$k(\lambda)$ – коэффициент ослабления, м^{-1} .

Коэффициент $k(\lambda)$ зависит от длины волны и складывается из собственного ослабления и рассеяния энергии излучения в слое зерна [74]:

$$k_{\text{пр}} = \frac{\Phi_h}{\Phi} = \frac{E_h}{E} = e^{-k(\lambda)h}, \quad (2.11)$$

В исследованиях Владыкина И.Р. для определения значения дозы облучения, при обработке зерна на ленточном транспортёре используют выражение [75]:

$$H_{\text{пер}} = \frac{2 \cdot k_{\phi} \cdot I_0}{h \cdot V} \sin(\arctan(L/h)), \quad (2.12)$$

где k_{ϕ} – коэффициент формы;

I_0 – сила излучения под лампой, Вт ;

h – высота подвеса УФ-лампы, м ;

V - скорость перемещения зерна, $м/с$;

L – длина зоны облучения, $м$.

В методике, предложенной Жилинским Ю.М. доза УФ-облучения в подвижных установках определяется по выражению [75]:

$$H_{\text{пер}} = 0,5 \cdot \frac{k_{\phi} \cdot I_0}{h \cdot V} \cdot \left(\frac{\alpha\pi}{90} + \sin 2\alpha \right), \quad (2.13)$$

где k_{ϕ} - коэффициент формы;

I_0 - сила излучения под центром лампы, $Вт$;

h - высота подвеса УФ-источника, $м$;

V - скорость перемещения, $м/с$.

В методике, предложенной Ковчиным С.А. расчётная доза облучения определяется по выражению [76]:

$$H_{\text{пер}} = \frac{2k_{\phi} \cdot I_0}{h \cdot V} \cdot \sin \alpha, \quad (2.14)$$

где k_{ϕ} - коэффициент формы;

I_0 - сила излучения под лампой, $Вт$;

h - высота подвеса УФ-источника, $м$;

V - скорость перемещения, $м/с$.

Рассмотренные математические модели справедливы для точечных источников облучения и неприменимы для расчёта линейных источников излучения в виде трубчатых ультрафиолетовых ламп.

Следует отметить, что линейные источники часто используют для обработки семян, зерна, обеззараживания поверхностей и пищевой продукции, они характеризуются длительным сроком службы, малой себестоимостью и большей удельной мощностью в сравнении с точечными источниками.

При всех положительных показателях линейных источников излучения в научной литературе встречается недостаточно информации позволяющей в простой и наглядной форме обосновать выбор и размещение линейного

источника с учётом конструктивных особенностей проектируемого устройства.

2.3.2 Теоретическое обоснование размещения источника ультрафиолетового облучения под отражателем

Для повышения эффективности обработки зерна ультрафиолетовым излучением УФ-лампы целесообразно использовать совместно с отражателями. Отражатели собирают и перенаправляют лучи от источника излучения в зону обработки. Современные отражатели представляют собой согнутую металлическую, стеклянную или пластиковую поверхность. Пластиковые отражатели характеризуются низкой себестоимостью, при этом они могут эксплуатироваться в ограниченном диапазоне температур. Наилучшими характеристиками обладают алюминиевые отражатели. Анодированные алюминиевые отражатели выдерживают высокие температуры, защищают источник излучения от механических повреждений, характеризуются высокой отражающей способностью близкой к 88%. Рассмотрим коэффициенты отражения различных материалов в таблице 2.3 [78].

Таблица 2.3 – Отражение ультрафиолетового излучения с длиной волны 254 нм от поверхности из различных материалов

Материал	Коэффициент отражения, %	Материал	Коэффициент отражения, %
Алюминий травленный	88	Белая бумага	25
Алюминиевая фольга	73	Медь	7
Алюминиевая краска	65	Черная краска	5-7
Оцинкованный воздуховод	53-57	Стекло	4
Хром	45	Белая хлопковая ткань	30
Никель	38	Дерево неокрашенное	3
Нержавеющая сталь	20-30	Белая масляная краска	5-10

Промышленностью выпускаются алюминиевые отражатели различного качества изготовления, начиная от очищенного высококачественного

алюминия до отражателей с алюминиевым покрытием. Отдельные производители предлагают металлические отражатели с дихроичным покрытием, для корректировки отраженного спектра УФ или ИК-излучения.

Распределение излучения от источника зависит от формы отражателя. Все существующие формы отражателей можно отнести к параболе, кругу или эллипсу. Наибольшее распространение получили рефлекторы с параболическими отражателями. Параболические отражатели применяются с линейными и точечными источниками света. В предлагаемом устройстве для ультрафиолетовой обработки зерна мы будем использовать линейные источники излучения в сочетании с параболическим отражателем. Используя оптическое свойство параболы, можно направить поток излучения от ультрафиолетовой лампы, закрепленной в фокусе параболы, параллельно её оптической оси. Формирование потока излучения в параболическом отражателе представлено на рисунке 2.7.

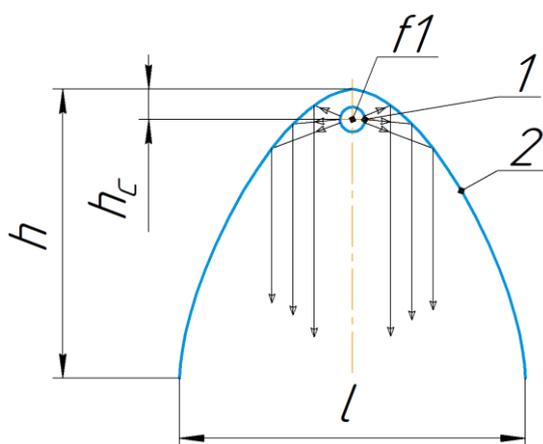


Рисунок 2.7 – Формирование потока излучения в параболическом отражателе

h_c – высота свеса ультрафиолетовой лампы; h – высота параболического отражателя;
 l – ширина зоны обработки; f – фокус; 1- ультрафиолетовая лампа; 2-параболический отражатель

Для формирования излучения в отражателе параллельно оптической оси ультрафиолетовая лампа должна находиться в фокусе параболы. Выразив

фокусное расстояние из уравнения параболы, получим выражение для определения высоты свеса лампы:

$$h_c = \frac{2h}{(L/2)^2}, \quad (2.15)$$

где h_c – высота свеса ультрафиолетовой лампы, см;

h – высота параболического отражателя, см;

L – ширина параболического отражателя, см.

В устройстве ультрафиолетовой обработки зерна ширину параболического отражателя принимаем равной ширине зоны обработки. Таким образом, обеспечим равномерность облучения по всей ширине ленты конвейера.

Используя полученную формулу (2.15), можно произвести расчёт размещения источника ультрафиолетового излучения в параболическом отражателе с исходными данными ширины зоны обработки и высоты параболического отражателя [79].

Если высота свеса h_c ультрафиолетовой лампы, расположенной в фокусе f_l параболического отражателя задана с учётом особенностей конструкции то определить высоту параболического отражателя можно по выражению:

$$h = \frac{h_c}{2} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2. \quad (2.16)$$

Применение параболических отражателей позволяет создавать облучатели для широкого спектра задач. Примеры распределения потока излучения в зависимости от конструкции параболического отражателя представлены на рисунке 2.8.



Рисунок 2.8 – Распределение потока излучения в зависимости от конструкции параболического отражателя

В светотехнике существуют и специальные конструкции отражателей. Один из примеров - светотеневые отражатели. Разновидность параболического отражателя со смещённым фокусом применяемая для контроля угла отражения света.

2.4 Расчёт энергетической облучённости создаваемой линейным излучателем

Ультрафиолетовую обработку зерна перед проращиванием предлагается проводить на разработанной установке ленточного типа, конструкция которой защищена патентом [80]. В устройстве обработка зерна проходит при перемещении на ленте конвейера. При этом поток излучения поступает от расположенных над конвейером ультрафиолетовых ламп.

Для расчёта энергетической освещённости поверхности от точечного источника рекомендуют использовать выражение (2.7). В разработанной конструкции установки используются линейные источники УФ-излучения, поэтому для расчёта энергетической освещённости от линейных источников формула (2.7) не применима.

Для обеспечения величины заданной энергетической освещённости в конкретной точке пространства необходимо использовать конструктивные особенности установки с учётом длины «светящейся линии», расстояния до объекта и установленной мощности источника УФ-излучения.

С учётом основного закона светотехники освещённость E'_A точки А некоторой горизонтальной поверхности от точечного источника определяется по закону обратных квадратов с учётом силы излучения (света) I и расстояния r от источника до освещаемой точки [81]:

$$E'_A = \frac{I}{r^2}, \quad (2.17)$$

где I – сила излучения, $кд$;

r - расстояние от источника до освещаемой точки, $м$.

Расчётная схема для физической и математической постановки задачи о распределении энергетической освещённости в пространстве от линейного источника приведена на рисунке 2.9.

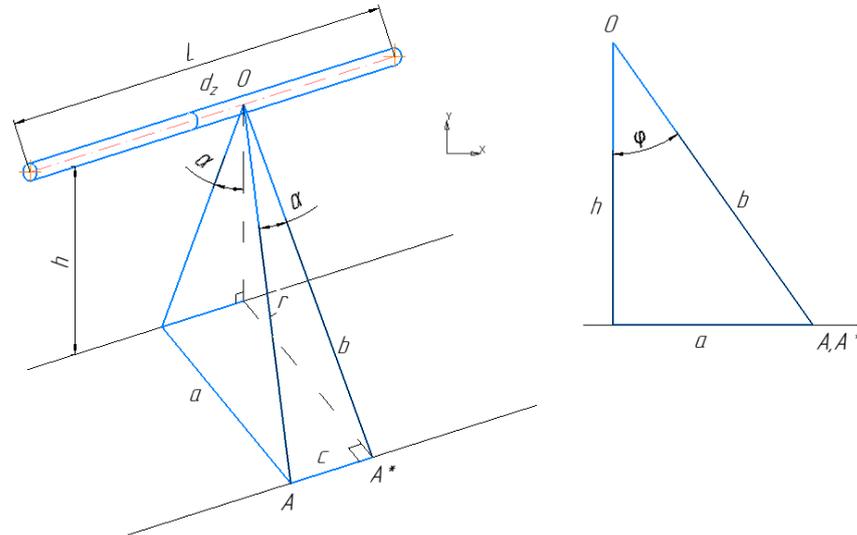


Рисунок 2.9 – Расчётная схема распределения энергетической освещённости в пространстве от линейного источника излучения

Вместе с тем, облучённость точки А от линейного источника будет определяться суммарной облучённостью, создаваемой в этой точке всеми малыми участками источника.

Пусть линейный источник излучения с длиной L расположен вдоль оси z . Тогда для малого участка линейного источника Δz сила излучения в различных направлениях будет определяться по выражению:

$$I = I_z \cdot \cos \alpha \cdot \cos \varphi, \quad (2.18)$$

где I_z – сила излучения, кд ;

α, φ – соответственно углы определяющие направление от средней точки O участка линейного источника Δz до облучаемой точки A .

Среднее значение силы излучения I_z на участке Δz линейного источника можно определить с учётом линейной плотности силы излучения источника I_0 :

$$I_z = I_0 \cdot \Delta z, \quad (2.19)$$

где I_0 – линейная плотность силы излучения, кд/м .

Длину малого участка линейного источника Δz можно определить через малое приращение угла a :

$$\Delta z = r \cdot \Delta(90 - a) = r\Delta a. \quad (2.20)$$

Тогда для облучённости в расчётной точке А, создаваемой участком Δz , получается следующее выражение:

$$E'_A = \frac{I_0 \cdot \cos\alpha \cdot \cos\varphi \cdot r \cdot \Delta a}{r^2} = \frac{I_0 \cdot \cos\alpha \cdot \cos\varphi \cdot \Delta a}{r}, \quad (2.21)$$

Для рассматриваемой расчётной схемы справедливы также следующие равенства:

$$r = \frac{b}{\cos\alpha}, \quad (2.22)$$

$$b = \frac{h}{\cos\varphi}, \quad (2.23)$$

$$r = \frac{h}{\cos\alpha \cdot \cos\varphi}. \quad (2.24)$$

С учётом выражений (2.21) – (2.24) получим новое расчётное соотношение для облучённости в расчётной точке А создаваемой участком Δz :

$$E'_A = \frac{I_0}{h} \cos^2\varphi \cdot \cos^2\alpha \cdot \Delta a. \quad (2.25)$$

Суммарная облучённость в расчётной точке А:

$$E_A = \lim_{\Delta a \rightarrow 0} \sum_{i=1}^{\infty} E'_{Ai}. \quad (2.26)$$

В результате облучённость в расчётной точке А создаваемая всей длиной источника L может быть определена интегралом вида:

$$E_A(\alpha, \varphi) = \frac{I_0}{h} \cos^2\varphi \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \cos^2\alpha \cdot da. \quad (2.27)$$

где α_1, α_2 – пределы интегрирования определяемые углом α по отношению к точке А относительно начала и конца линейного источника излучения.

Линейная плотность силы излучения источника I_0 можно определить через мощность источника излучения F (Вт):

$$I_0 = \frac{F}{4\pi L}. \quad (2.28)$$

где F - установленная мощность источника излучения, $Вт$;

L - длина источника излучения, $м$.

Тогда с учётом (2.18), (2.19), (2.27) и (2.28) находим общее выражение облучённости в расчётной точке A создаваемой всей длиной источника L :

$$E_A(\alpha, \varphi) = \frac{F \cdot \cos^2 \varphi}{4\pi h L} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \cos^2 \alpha \cdot d\alpha. \quad (2.29)$$

С учётом равенства:

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{2} (1 + \cos 2\alpha). \quad (2.30)$$

Интеграл в выражении (2.29) преобразуется к виду:

$$\int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \cos^2 \alpha \cdot d\alpha = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{1}{2} (1 + \cos 2\alpha) \cdot d\alpha = \left[\frac{1}{2} \alpha + \frac{1}{4} \sin 2\alpha \right] \Big|_{\alpha_1}^{\alpha_2}. \quad (2.31)$$

Таким образом, с учётом выражений (2.29) и (2.31) получаем обобщенную формулу для расчёта облучённости в расчётной точке A , создаваемой всей длиной источника L :

$$E_A(\alpha, \varphi) = \frac{F \cdot \cos^2 \varphi}{8\pi h L} \cdot F(\alpha), \quad (2.32)$$

$$F(\alpha) = \left[\alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha \right] \Big|_{\alpha_1}^{\alpha_2}. \quad (2.33)$$

$$E_A(\alpha, \varphi) = \frac{F \cdot \cos^2 \varphi}{16\pi h L} \cdot \dot{F}(\alpha). \quad (2.34)$$

$$\dot{F}(\alpha) = [2\alpha + \sin 2\alpha] \Big|_{\alpha_1}^{\alpha_2}. \quad (2.35)$$

Для расчёта облучённости (энергетической освещённости) необходимо учитывать положение расчётной точки A относительно линейного источника

L. При этом возможны различные варианты расположения, представленные на рисунке 2.10.

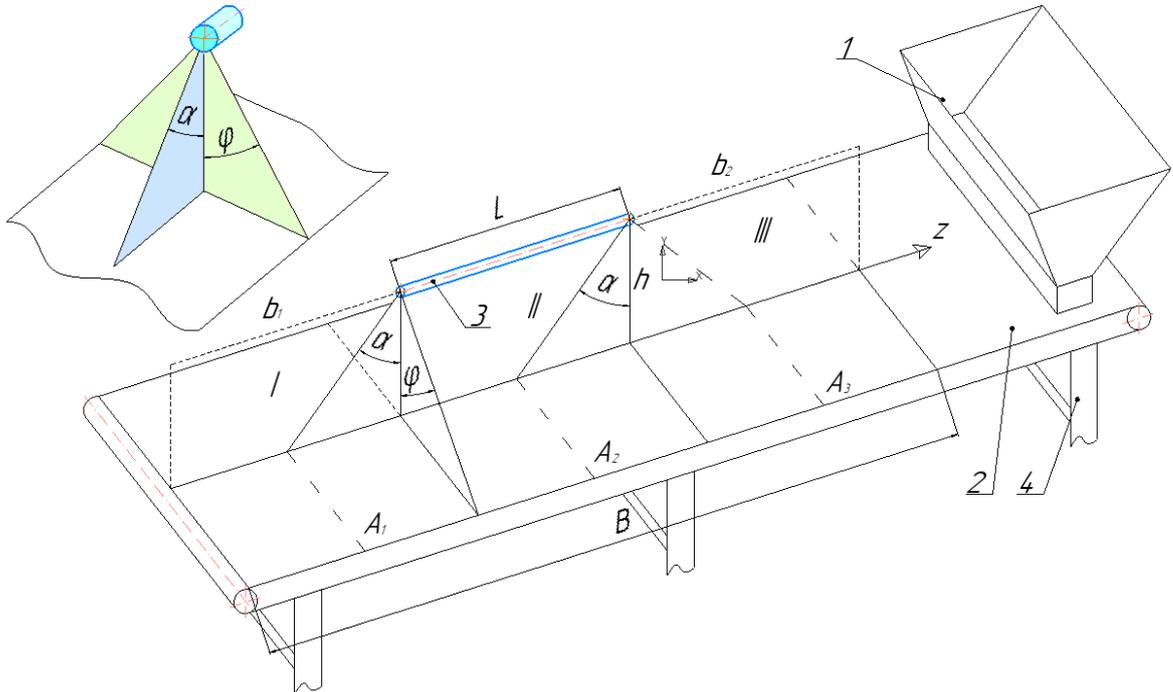


Рисунок 2.10 – Расчётная схема распределения энергетической освещённости в пространстве от линейного источника излучения

1 – бункер; 2 – лента транспортёра; 3 – ультрафиолетовая лампа; 4 – рама;
h – высота подвеса источника излучения; *B* – длина зоны обработки; *I*, *II*, *III* – участки в пределах зоны обработки; *b*₁, *b*₂ – границы зоны обработки; *A*₁, *A*₂, *A*₃ – точки принадлежащие границам участков; α , φ – соответственно углы определяющие направление от участка линейного источника Δz до облучаемой точки *A*

При этом можно выделить 3 основных участка по координате *z*:

$$I) 0 \leq z \leq b_1, \quad (2.36)$$

$$II) b_1 \leq z \leq b_1 + L, \quad (2.37)$$

$$III) b_1 + L \leq z \leq b_1 + L + b_2. \quad (2.38)$$

где *b*₁, *b*₂ – расстояния определяющие положение точки *A* относительно крайних точек линейного излучателя *L*.

В этом случае пределы интегрирования в выражениях (2.33) и (2.35) будут определяться выражениями:

$$I) \alpha_1 = \arctg\left(\frac{b_1 - z}{h}\right); \alpha_2 = \arctg\left(\frac{z - b_1}{h}\right); \quad (2.39)$$

$$II) \alpha_1 = \arctg\left(\frac{b_1 - z}{h}\right); \alpha_2 = \arctg\left(\frac{z - b_1 - L}{h}\right); \quad (2.40)$$

$$III) \alpha_1 = \arctg\left(\frac{b_1 + L - z}{h}\right); \alpha_2 = \arctg\left(\frac{z - b_1 - L}{h}\right). \quad (2.41)$$

Для расчёта параметров облучённости можно использовать равнозначные выражения (2.32) – (2.33) или (2.34) – (2.35).

$$F(\alpha) = (a_2 - a_1) + \frac{1}{2}(\sin 2\alpha_2 - \sin 2\alpha_1); \quad (2.42)$$

$$\dot{F}(\alpha) = 2(\alpha_2 - \alpha_1) + \sin 2\alpha_2 - \sin 2\alpha_1. \quad (2.43)$$

Если использовать линейную плотность (2.28) и выражение (2.29) для расчёта облучённости в расчётной точке А, создаваемой всей длиной источника L , можно использовать также следующие расчётные выражения:

$$E_A(\alpha, \varphi) = \frac{I_0}{h} \cdot \cos^2 \varphi \cdot \tilde{F}(\alpha). \quad (2.44)$$

$$\tilde{F}(\alpha) = \frac{1}{4}[2\alpha_1 + \sin 2\alpha_1 - 2\alpha_2 - \sin 2\alpha_2]. \quad (2.45)$$

Итоговую математическую модель можно представить в виде:

$$E_A(\alpha, \varphi) = \frac{F}{4\pi Lh} \cdot \cos^2 \varphi \cdot \frac{1}{4}[2\alpha_1 + \sin 2\alpha_1 - 2\alpha_2 - \sin 2\alpha_2]. \quad (2.46)$$

Математическая модель предполагает, что вся длина линейного источника излучения представляется в виде множества точечных источников света, размеры которых как минимум в 10 раз меньше по сравнению с расстоянием до приёмника излучения. Общий поток излучения на поверхности получается путём интегрирования суммы излучений от множества точечных источников, с учётом мощности, высоты подвеса и границ длинны «светящейся линии». В светотехнике под точечным источником света понимают источник излучения совместно с отражателем. В расчётной схеме отражатель не изображен, при этом на практике поток излучения будет формироваться с применением отражателя.

2.5 Результаты численного эксперимента и моделирования энергетической освещённости поверхности от линейного излучателя

На основе математического моделирования и численного эксперимента для ультрафиолетовой лампы типа *Uniel-ESL-PLL-36* длиной 0,4 м мощностью 36 Вт установленной на высоте 0,1 м над зоной облучения была получена расчётная поверхность и номограмма для определения рабочих зон под излучателем, обеспечивающих гарантированную энергетическую освещённость и энергетическую дозу ультрафиолетового облучения. Расчётная поверхность и номограмма энергетической освещённости поверхности представлена на рисунке 2.11.

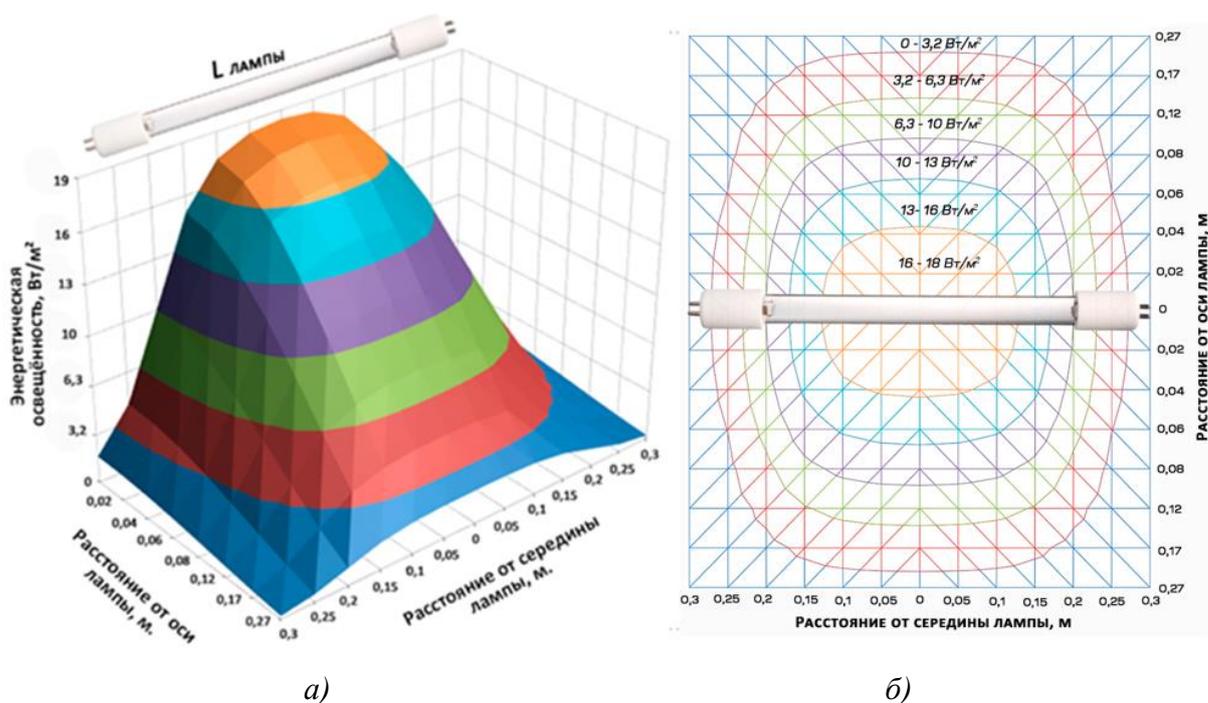


Рисунок 2.11 – Расчётная поверхность и номограмма энергетической освещённости, создаваемая линейным источником типа *Uniel-ESL-PLL-36*
а) расчётная поверхность энергетической освещённости; б) номограмма энергетической освещённости

Анализируя полученную поверхность можно отметить, что основной поток излучения распространяется в обоих направлениях от оси УФ-лампы. На номограмме можно выделить полезную ширину зоны

обработки, в пределах которой обеспечивается энергетическая освещённость не менее рекомендуемого значения.

При расчетах использовались характеристики двух источников УФ-облучения: лампы *Uniel-ESL-PLL-36* и ртутной лампы низкого давления типа *ДКБУ-7* длиной 0,12 м с удельной мощностью УФ-излучения 7 Вт.

При моделировании распределения излучения от линейного источника ультрафиолетового излучения типа *ДКБУ-7* была получена поверхность и номограмма энергетической освещённости представленная на рисунке 2.12.

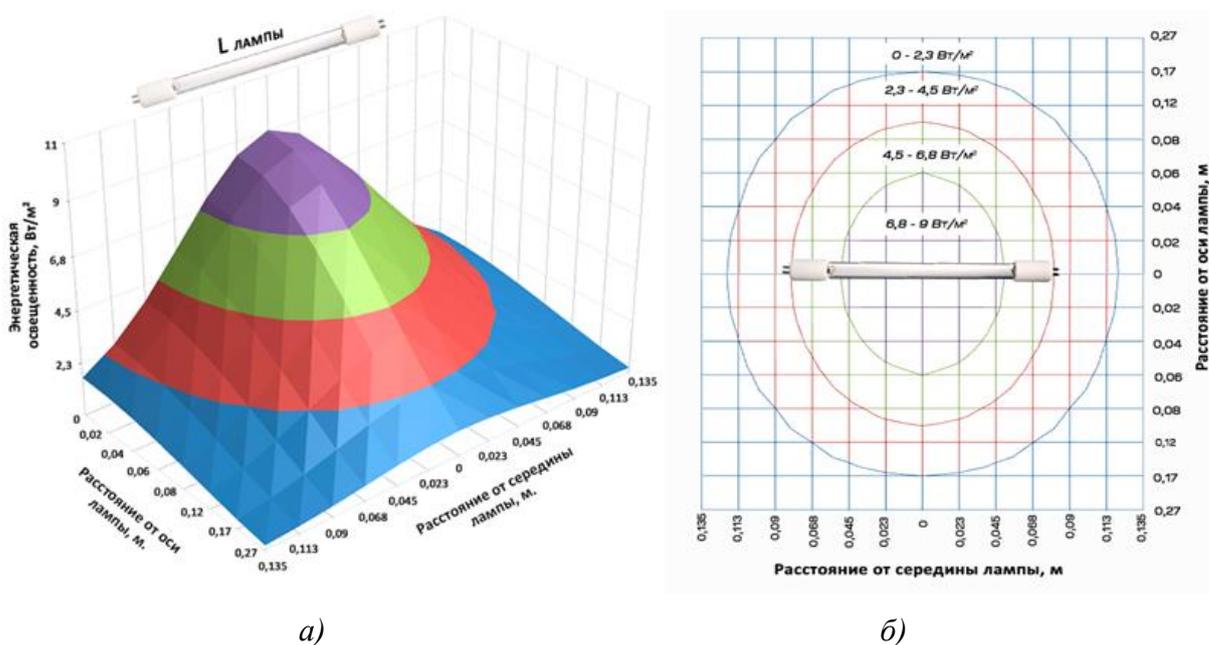


Рисунок 2.12 – Расчётная поверхность и номограмма энергетической освещённости, создаваемая линейным источником типа *ДКБУ-7*
 а) расчётная поверхность энергетической освещённости; б) номограмма энергетической освещённости

При анализе полученной поверхности можно отметить, что с учётом мощности источника излучения типа *ДКБУ-7* и более компактных размеров область распределения энергетической освещенности значительно меньше чем у лампы *Uniel-ESL-PLL-36*.

Полученная математическая модель, представленная в расчётном выражении (2.46) позволяет определить энергетическую освещённость в расчётной точке от любого линейного источника ультрафиолетового

излучения с учётом основных технических параметров: мощности источника, длины источника, высоты размещения над обрабатываемой поверхностью. Моделирование энергетической освещённости от источника излучения позволит получить исходные данные для выбора конструктивных параметров ленточного конвейера, а в частности определить ширину ленты конвейера, в пределах которой будет обеспечиваться рекомендуемое значение энергетической освещённости и определить взаимное расположение нескольких источников ультрафиолетового, с учётом наложения зон энергетической освещённости.

Выводы по второй главе

По результатам изложенного материала можно сделать следующие выводы:

1. Получены рабочие формулы для расчёта и обоснования размещения источника ультрафиолетового облучения в параболическом отражателе.

2. Разработана математическая модель для оценки распределения энергетической освещённости от линейного источника облучения на обрабатываемой поверхности.

3. На основе численных расчётов и моделирования получены расчётные поверхности для ультрафиолетовых ламп типа *Uniel-ESL-PLL-36* и *ДКБУ-7* и номограммы определения рабочих зон под излучателем, обеспечивающих гарантированную энергетическую освещённость.

ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТАНОВКИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

3.1 Общая методика экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования проводятся для подтверждения или опровержения теоретических предположений путём сравнения их с результатами, полученными в ходе эксперимента [82-85].

Программа исследований включала:

- подготовку оборудования и измерительных приборов для выполнения работ по исследованию установки ультрафиолетовой обработки зерна;
- исследование энергетической освещённости от линейных источников ультрафиолетового излучения;
- исследование влияния режимов ультрафиолетовой обработки на конечную массу зерна после проращивания;
- исследование влияния режимов ультрафиолетовой обработки на длину ростков после проращивания.
- исследование влияния режимов ультрафиолетовой обработки на всхожесть и энергию прорастания зерна;
- исследование влияния режимов ультрафиолетовой обработки на микробную обсеменённость на поверхности зерна;
- исследование влияния режимов ультрафиолетовой обработки на число дрожжей и плесеней в сумме на поверхности зерна.

Схема проведения экспериментальных исследований представлена на рисунке 3.1 [86-92].

Результаты анализа, опубликованных научных трудов в области ультрафиолетовой обработки зерна, показали, что первоначально необходимо определить факторы, влияющие на процесс УФ-обработки и учесть их при планировании эксперимента. Корректно выбранные факторы отражают весь технологический процесс УФ-обработки зерна перед проращиванием.

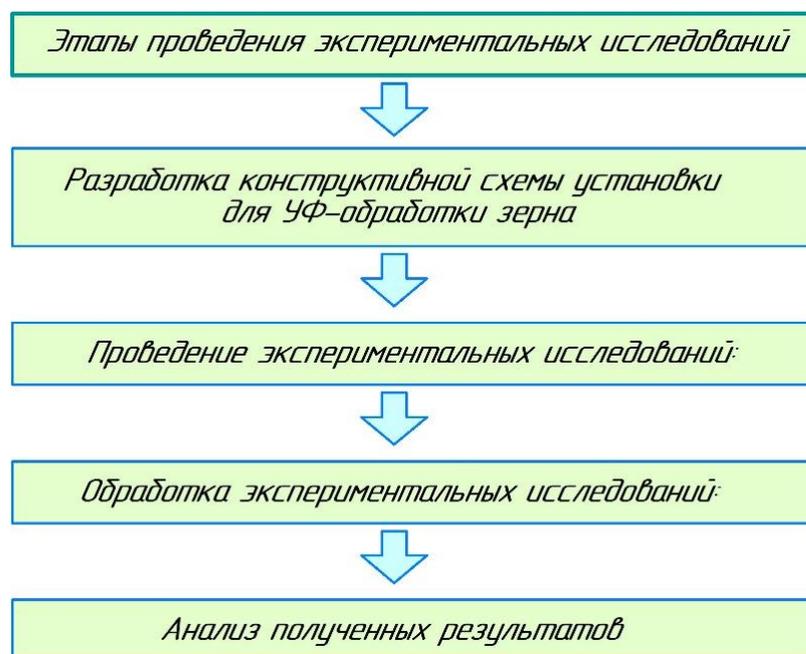


Рисунок 3.1 - Схема проведения экспериментальных исследований

Для оценки влияния факторов на критерий оптимизации использовались стандартные методики [82, 83].

Выбор области исследования основных факторов начинается с определения нулевого значения. Интервал варьирования с соответствующими уровнями -1 и +1 выбирают путём прибавления или вычитания одного и того же числа от нулевого значения.

Оценка влияния различных факторов на критерий оптимизации осуществляется методом планирования многофакторного эксперимента. Для проведения экспериментов готовят матрицу с расписанными уровнями варьирования факторов.

В ходе опытов необходимо определить критерий оптимизации, который указывается с воздействующими на него факторами. Критерий оптимизации выбирают с учётом возможности физического измерения.

Опыты проводились согласно плана Коно для двухфакторного эксперимента [7]. Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Матрица планирования эксперимента

Номер опыта	X_1	X_2
1	-1	-1
2	1	-1
3	-1	1
4	1	1
5	-1	0
6	1	0
7	0	-1
8	0	1
9	0	0

Факторы установлены на трех уровнях варьирования, поэтому эксперимент имеет вид n^k , где n – число уровней варьирования факторов, k – число факторов.

Для проведения эксперимента по определению всхожести зерна после УФ-обработки, длины ростков и массы после проращивания, оптимальных режимов УФ-обработки для снижения общей микробной обсеменённости, числа дрожжей и плесеней в сумме на поверхности зерна в экспериментах использовались факторы, приведённые в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Факторы влияющие на параметры оптимизации

Обозначение	Наименование фактора
X_1	Энергетическая освещённость поверхности при УФ-облучении, $Вт/м^2$
X_2	Продолжительность УФ-облучения, $с$.

Представленные факторы соответствуют следующим условиям:

1. все факторы управляемые;
2. факторы независимые;
3. представленные факторы воздействуют на критерий оптимизации.

3.2 Оборудование и технические средства измерений параметров при ультрафиолетовой обработке зерна

В ходе проведения опытов для выполнения измерений использовались приборы для измерения и оборудование, приведённое в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Измерительные приборы и оборудование

Параметр измерения	Наименование прибора, оборудования	Стандарт на прибор, оборудование	Точность измерений
Линейные размеры	Рулетка металлическая Р5УЗК	ГОСТ 7502-80	$\pm 1,0$ мм
	Линейка измерительная металлическая 300 мм,	ГОСТ 427-75	$\pm 1,0$ мм
Частота вращения	Тахометр часового типа ТЧ-10-Р	ГОСТ 21339-75	± 1 мин ⁻¹
Время	Секундомер СОСпр-2б	-	± 1 с
Масса	Весы лабораторные Масса-К ВК-1500	ГОСТ 24104-2001	$\pm 0,02$ г
Напряжение. Сила тока	Мультиметр цифровой IEK professional MY64	ГОСТ 12.2.091-2012	$\pm 0,5$ %
Потребление электроэнергии	Счетчик электрической энергии «Меркурий 201.5»	ГОСТ Р 52322-2005	Кл. т. 1
Энергетическая освещённость	УФ-Радиометра «ТКА-ПКМ»	ТУ 4215-003-16796024-2016	$\pm 10,0$ %
Влажность зерна	Влагомер Wile 55	-	$\pm 0,5$ %
Температура	Термогигрометр RGK TH-30	-	$\pm 0,5$ °С
Влажность воздуха			± 3 %

Для измерения энергетической освещённости ультрафиолетовой лампы в трех спектральных диапазонах, а также определения влияния расстояния от УФ-лампы до зоны облучения на величину энергетической освещённости в лаборатории были проведены опыты с использованием УФ-Радиометра «ТКА-ПКМ» (12) (рисунок 3.2 а).

УФ-радиометр «ТКА-ПКМ» позволяет измерять энергетическую освещённость в спектральных диапазонах: 200-280 нм (спектр УФ-С), 280-315 нм (спектр УФ-В), 315-400 нм (спектр УФ-А). Прибор допускает проведение измерений малых величин в мВт/м², а также измерение больших значений в Вт/м². УФ-радиометр серии «ТКА-ПКМ» (12) сертифицирован и зарегистрирован в реестре средств измерения РФ под номером 24248-04.

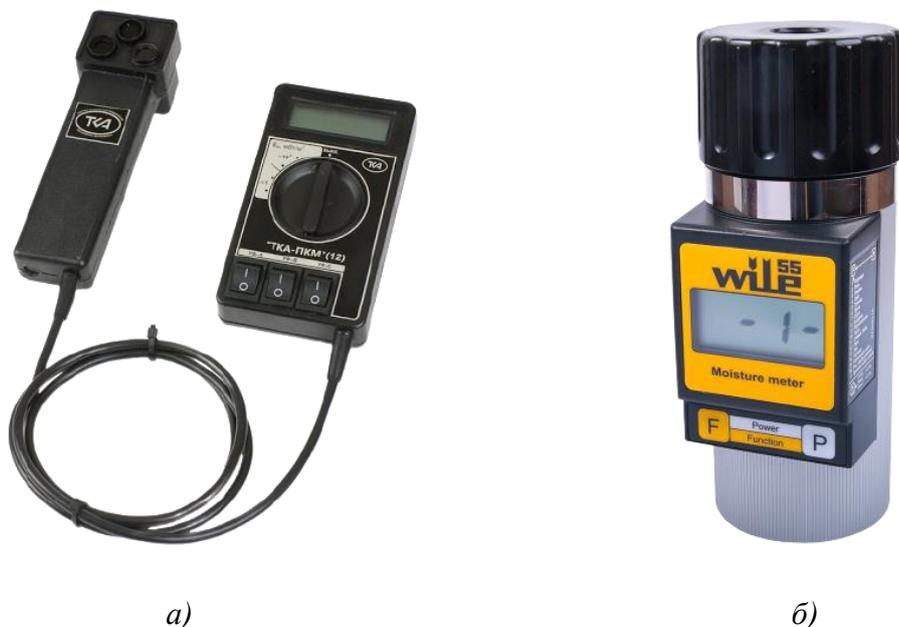


Рисунок 3.2 - Внешний вид приборов измерения
 а) УФ-Радиометра «ТКА-ПКМ»(12); б) влагомер зерна WILE-55

Замеры прибором в ходе экспериментов проводились в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации УФ-радиометра «ТКА-ПКМ». Технические характеристики прибора приведены в таблице 3.4

Таблица 3.4 - Технические характеристики УФ-радиометра «ТКА-ПКМ» (12)

Диапазон измерений энергетической освещённости, mW/m^2	
в диапазоне УФ-С	1,0...20 000
в диапазоне УФ-В	10...60 000
в диапазоне УФ-А	10...60 000
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения энергетической освещённости, %	$\pm 10,0$
Пределы погрешности градуировки по источнику УФ-излучения – ртутной лампе высокого или низкого давления, %	$\pm 5,0$
Рабочие условия эксплуатации прибора:	
Температура окружающего воздуха, $^{\circ}C$	20 ± 5
Относительная влажность воздуха при температуре окружающего воздуха $25^{\circ}C$, %, не более	98
Атмосферное давление, kPa	80...110

Относительная спектральная чувствительность УФ-радиометра «ТКА-ПКМ» (12) приведена на рисунке 3.3.

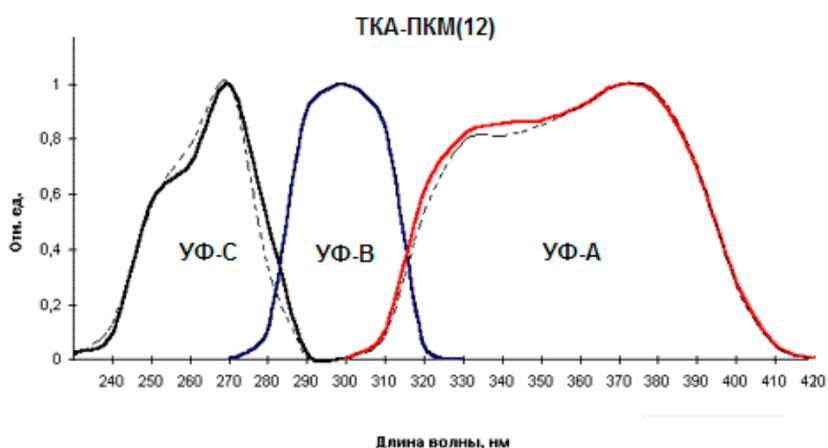


Рисунок 3.3 - Относительная спектральная чувствительность прибора «ТКА-ПКМ» (12)

Для измерения исходной влажности зерна в лаборатории использовался влагомер зерна WILE-55 рисунок 3.2 б. Технические данные влагомера приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Технические характеристики влагомера «WILE-55»

Параметр	Величина
Погрешность:	± 0,5 %
Диапазон измерения влажности для зерновых и зернобобовых культур	8-35%
Диапазон измерения влажности для маслиничных культур	5-25%
Рабочие условия эксплуатации	+5 до +40 °С

Измерения влажности зерна проводились три раза, а затем вычислялось среднее значение.

3.3 Конструктивно-технологическая схема установки ультрафиолетовой обработки зерна

Проведённый анализ различных конструкций устройств УФ-обработки зерна позволил выявить, что для существующих устройств характерны общие недостатки, снижающие эффективность УФ-обработки зерна. Основные недостатки связаны с низкой

производительностью и большими габаритами установок, высокими энергозатратами обработки, трудностями контроля дозы облучения, низкой равномерностью облучения, снижением эффективности облучения в результате скопления пыли в зоне обработки.

Для компенсации неравномерности УФ-облучения зерна отдельные авторы в конструкциях своих устройств прибегают к механическому перемешиванию обрабатываемого слоя, объёмному облучению зерна во взвешенном состоянии, обработки в состоянии свободного падения, обработки во вращающемся барабане.

Для решения задачи повышения эффективности ультрафиолетовой обработки зерна были проведены исследования эффективности применения различных конструкций установок ультрафиолетовой обработки. Результатам исследований стало появление нескольких изобретений [93-96]. В числе разработанных вариантов и конструкция установки ультрафиолетовой обработки зерна, представленная на рисунке 3.4 [80, 97].

Установка ультрафиолетовой обработки зерна состоит из отдельных сборочных единиц. В конструкции установки предусмотрен бункер для зерна, ленточный транспортёр для перемещения зерна. В качестве привода ленточного транспортера используется мотор-редуктор. Управление скоростью ленточного транспортёра осуществляют посредством преобразователя частоты для мотор-редуктора. Благодаря возможности управления скоростью движения ленточного транспортёра можно обеспечить рекомендуемые режимы обработки зерна различных сельскохозяйственных культур с учётом требуемой дозы облучения. Задача равномерного распределения зерна по ширине ленты транспортёра решается разравнивателем зерна с регулируемой заслонкой.

Над ленточным транспортёром расположены два параболических отражателя с линейными ультрафиолетовыми лампами внутри (рисунок 3.5). Параболические отражатели выполнены из травлёного алюминия.

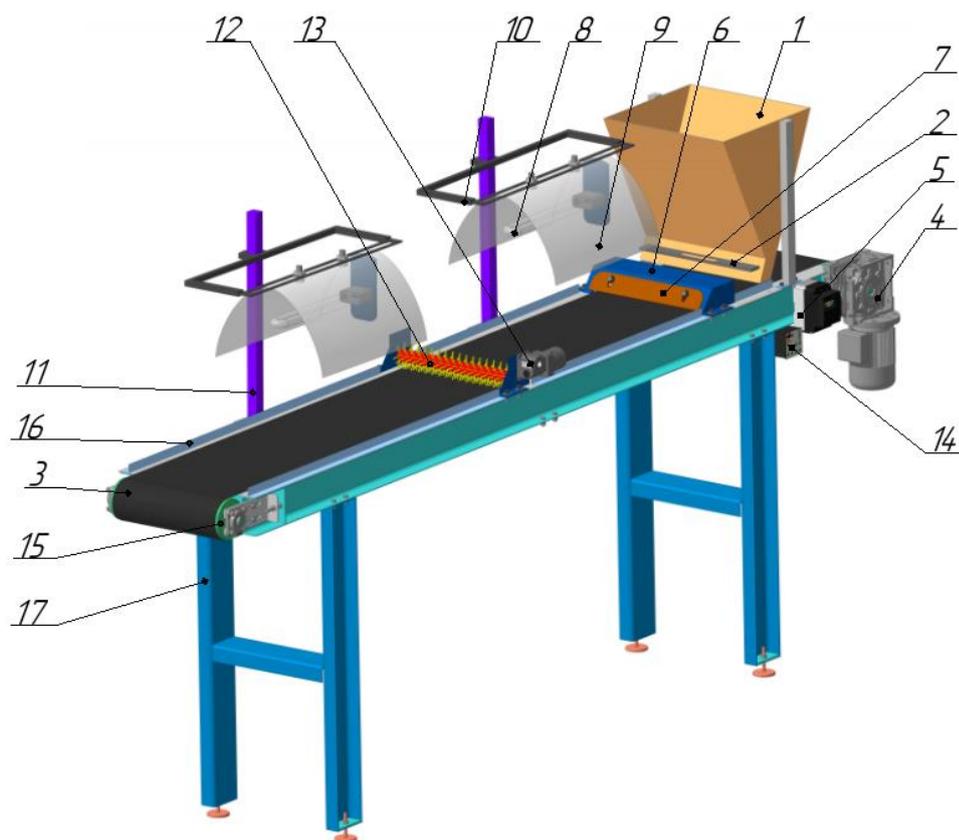


Рисунок 3.4 - Модель установки ультрафиолетовой обработки зерна

1 – бункер; 2 – заслонка; 3 – лента транспортёра;
 4 – мотор-редуктор; 5 – преобразователь частоты; 6 – разравниватель зерна;
 7 – заслонка разравнивателя; 8 – ультрафиолетовая лампа; 9 – параболический
 отражатель; 10 – подвеска для светильника; 11 – стойка светильника; 12 – щётка;
 13 – привод щётки; 14 – блок управления щёткой; 15 – барабан; 16 – борт; 17 – рама

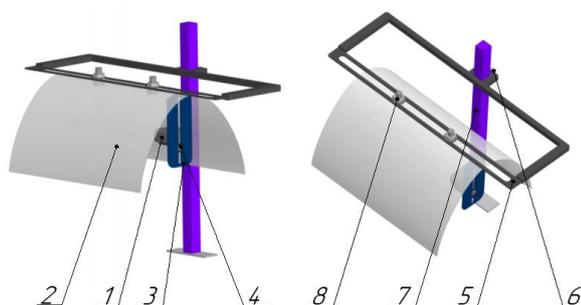


Рисунок 3.5 - Модель светильника для ультрафиолетовых ламп

1 – ультрафиолетовая лампа; 2 – параболический отражатель; 3 – держатель;
 4 – фиксатор лампы; 5 – подвеска для светильника; 6 – фиксатор подвески;
 7 – стойка светильника; 8 – фиксатор отражателя

Для повышения равномерности ультрафиолетовой обработки зерна на поверхности ленточного транспортёра расположена щётка с электроприводом. Щётка размещается между двумя ультрафиолетовыми лампами. Устройство выполнено на раме.

Линейный источник ультрафиолетового излучения смонтирован в фокусе параболического отражателя. Интенсивность УФ-воздействия на зерно можно изменять высотой подвеса УФ-ламп над слоем, либо заменой на источник излучения с другой удельной мощностью.

Время обработки зерна определяется длительностью прохождения слоя в зоне облучения и регулируется скоростью движения транспортёрной ленты.

Предлагаемая конструкция установки ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна позволяет механизировать и автоматизировать процесс обработки зерна различных сельскохозяйственных культур с целью обеззараживания поверхности от плесени и грибков перед проращиванием на витаминный корм и увеличения показателя всхожести.

Для реализации способа УФ-обработки зерна следующим шагом стало создание действующей экспериментальной установки ленточного типа и исследование режимов обработки как по интенсивности УФ-воздействия, так и по времени УФ-обработки.

3.4 Экспериментальная установка ультрафиолетовой обработки зерна

Для подтверждения теоретических предположений, а также уточнения расчётных параметров была сконструирована экспериментальная установка ультрафиолетовой обработки зерна ленточного типа (рисунок 3.6) и проведены экспериментальные исследования процесса УФ-обработки зерна.

Собранный образец экспериментальной установки состоит из следующих элементов: бункера с заслонкой, конвейерной ленты, мотор-редуктора, преобразователя частоты, ультрафиолетовых ламп, параболических отражателей, подвески для светильников, стойки светильника, щётки, привода щётки, блока управления щёткой, барабана,

бортов, рамы. В установке ультрафиолетовой обработки зерна ленточного типа в качестве источника УФ-облучения используются две ультрафиолетовые лампы низкого давления типа *Uniel-ESL-PLL-36*, размещенные по центру ленты транспортёра. Лампы размещены в отражателях. Вся конструкция светильника выполнена с возможностью регулировки высоты подвеса относительно зоны обработки.

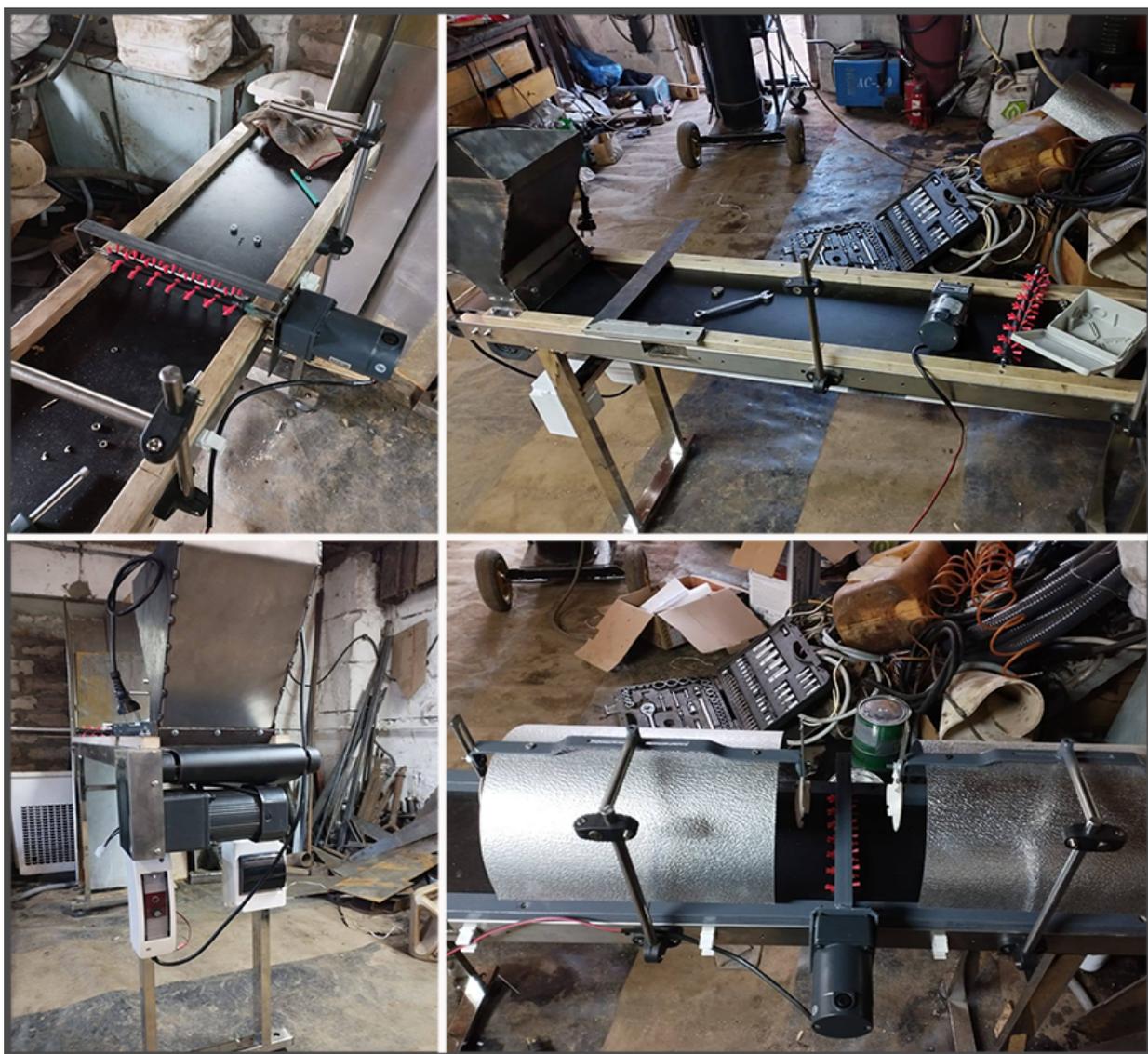


Рисунок 3.6 – Этапы сборки экспериментальной установки

Полученная конструкция установки ультрафиолетовой обработки зерна ленточного типа представлена на рисунке 3.7.

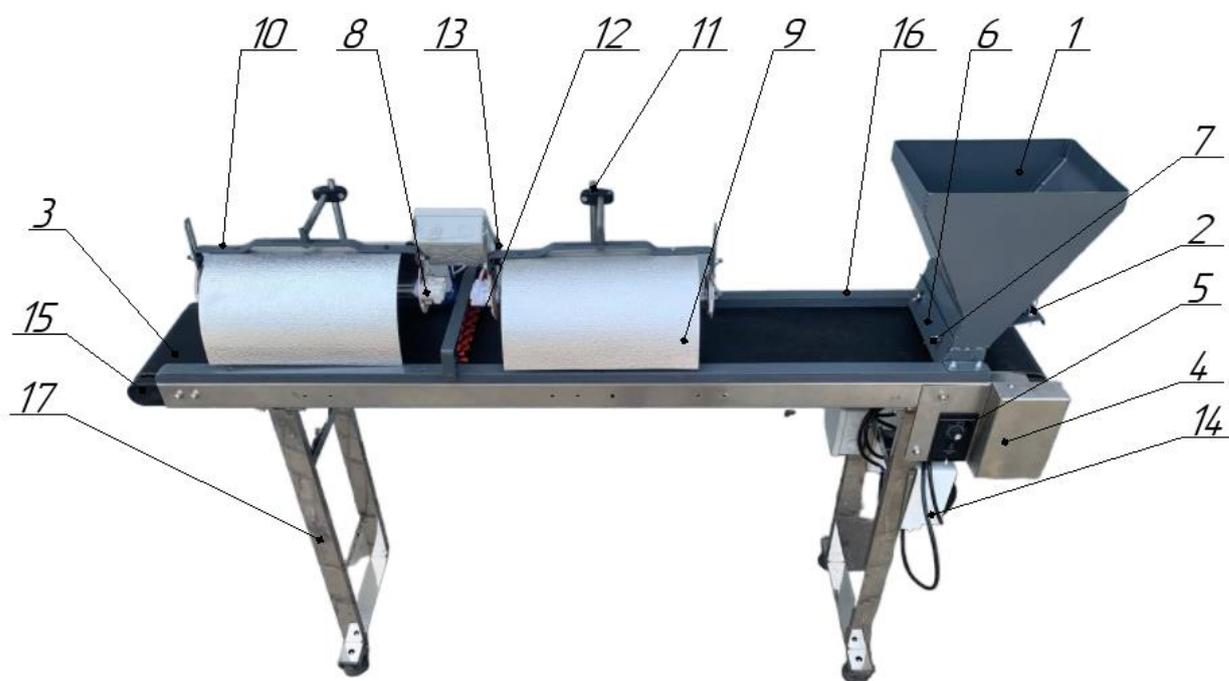


Рисунок 3.7 - Установка ультрафиолетовой обработки зерна

1 – бункер; 2 – заслонка; 3 – лента транспортёра; 4 – мотор-редуктор;
 5 – преобразователь частоты; 6 – разравниватель зерна; 7 – заслонка разравнивателя;
 8 – ультрафиолетовая лампа; 9 – параболический отражатель; 10 – подвеска для
 светильника; 11 – стойка светильника; 12 – щётка; 13 – привод щётки;
 14 – блок управления щёткой; 15 – барабан; 16 – борт; 17 – рама

На рисунке 3.8 и 3.9 представлена установка ультрафиолетовой обработки зерна в процессе лабораторных исследований.



Рисунок 3.8 - Установка ультрафиолетовой обработки зерна в ходе лабораторных исследований



Рисунок 3.9 - Установка ультрафиолетовой обработки зерна в ходе лабораторных исследований

Технические характеристики установки ультрафиолетовой обработки зерна представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6. - Техническая характеристика установки ультрафиолетовой обработки зерна

Наименование параметра	Единицы измерения	Численные значения
Ширина ленты	мм	200
Частота вращения ленты конвейера	мин ⁻¹	0,5-10
Частота вращения щётки	мин ⁻¹	5-40
Производительность	кг/ч	83
Суммарная мощность УФ-ламп	Вт	72 (2x36)
Мощность мотор-редуктора	Вт	60
Размеры габаритные	мм	1500x250x1250
Масса	кг	46

Для возможности регулирования скорости ленточного транспортёра на пульте управления установлен преобразователь частоты. Использование преобразователя частоты позволяет регулировать частоту вращения вала электропривода тем самым управлять режимами для УФ-обработки зерна различных культур.

Для осуществления управления установкой УФ-обработки зерна была разработана принципиальная электрическая схема, представленная на рисунке 3.10.

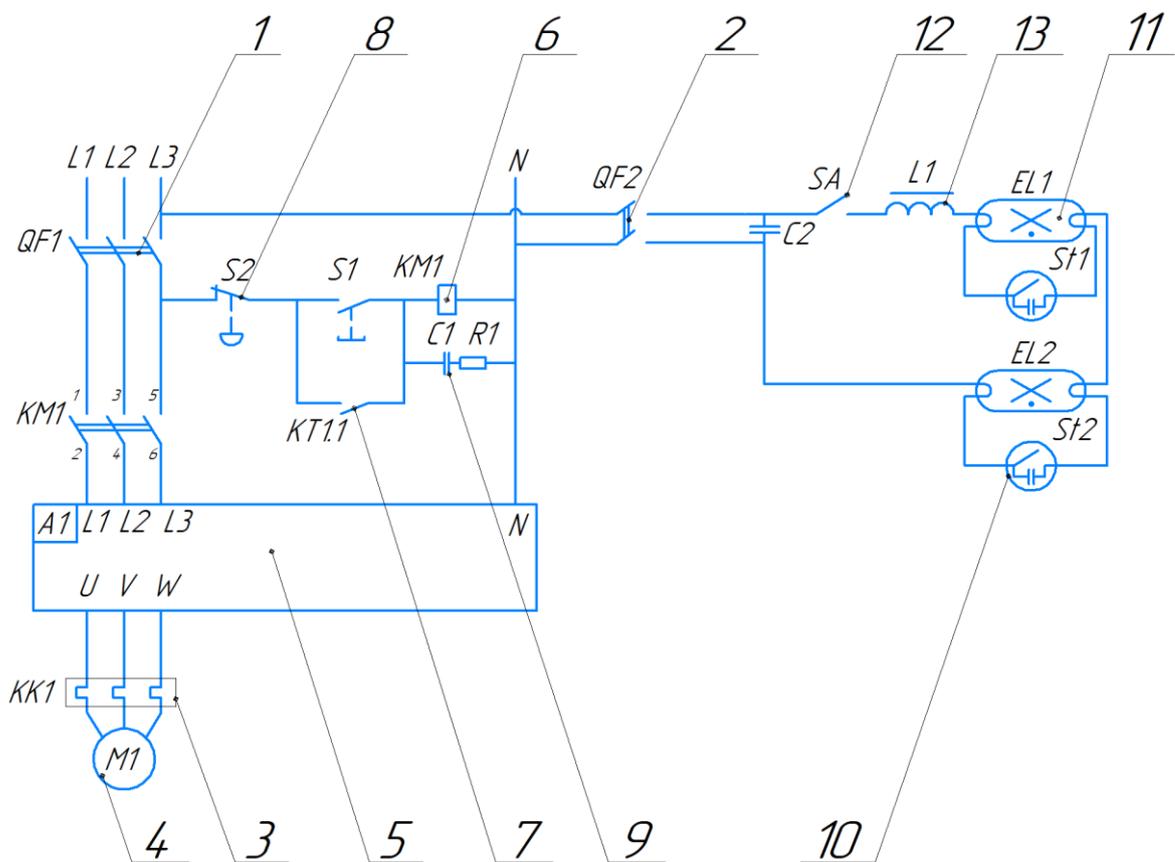


Рисунок 3.10 – Принципиальная электрическая схема управления установкой ультрафиолетовой обработки зерна

- 1, 2 – автоматический выключатель; 3 - тепловое реле; 4 – электродвигатель;
 5 – частотный преобразователь; 6 – катушка; 7 – контакт; 8 – кнопка; 9 – конденсатор;
 10 – стартёр; 11 – ультрафиолетовая лампа; 12 – переключатель;
 13 – балластный дроссель

Работа электрической схемы проходит следующим образом. Питание от трехфазной электрической цепи поступает на автоматический выключатель 1. Когда контакты автоматического выключателя замыкаются ток поступает на

катушку 6, замыкаются контакты КМ1 и таким образом напряжение поступает на частотный преобразователь 5, благодаря которому осуществляют регулировку частоты вращения вала электродвигателя 4. После частотного преобразователя питающее напряжение подаётся на тепловое реле 3, а затем электродвигатель 4.

После замыкания контактов автоматического выключателя 2 ток поступает на балластный дроссель 13 после чего происходит разжигание ультрафиолетовых ламп 11.

3.5 Методика исследований зависимости энергетической освещённости облучаемой поверхности от расстояния до источника ультрафиолетового излучения

Исследования зависимости энергетической освещённости облучаемой поверхности от расстояния до источника УФ-излучения проводились с использованием лампы типа ДКБУ-7 и безозоновой лампы фирмы *Uniel ESL-PLL-36*, рекомендуемой для УФ-обработки воздушной среды и поверхностей различных объектов. Основная мощность потока УФИ данных ламп приходится на длину волны 254 нм, что соответствует спектру излучения УФ-С. Этот тип лампы также рекомендуется для УФ-обработки зерна.

Лампа ДКБУ-7 характеризуется компактными размерами. Технические характеристики УФ-лампы приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Технические характеристики УФ-лампы ДКБУ-7

Параметр	Значение
Тип УФ-лампы	ДКБУ-7
Длина волны излучения, нм	205-315
Мощность, Вт	7
Напряжение в лампе, В	45±7
Габаритные размеры, мм	123x38x25
Срок службы, ч	6000
Цоколь	2G7

Технические характеристики УФ-лампы фирмы *Uniel ESL-PLL-36* представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Технические характеристики УФ-лампы *Uniel ESL-PLL-36*

Параметр	Значение
Тип УФ-лампы	ESL-PLL-36/UVCO/2G11/CL
Длина волны излучения, <i>нм</i>	253,7
Мощность, <i>Вт</i>	36
Напряжение в лампе, <i>В</i>	220
Габаритные размеры, <i>мм</i>	411x45x25
Срок службы, <i>ч</i>	8000
Цоколь	2G11

Учитывая, что энергетическая освещённость при УФ-обработке поверхности зависит от интенсивности излучения (мощности источника) и от расстояния до источника УФ-излучения, энергетическая освещённость облучаемой поверхности в спектре УФ-С измерялась УФ-радиометром «ТКА-ПКМ» (12). Общая схема измерений показана на рисунке 3.11.

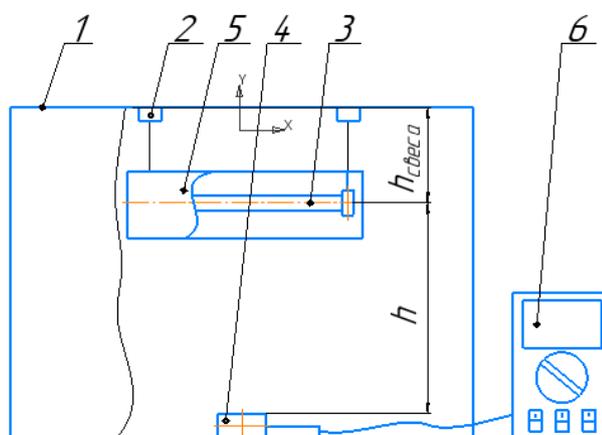


Рисунок 3.11 – Схема измерений энергетической освещённости

1 – короб; 2 – фиксаторы подвесов; 3 – УФ-лампа;
4 – фотометрическая головка; 5 – отражатель; 6 – УФ-радиометр

Для исключения влияния внешних воздействий на показания прибора при проведении измерений УФ-лампу и фотометрическую головку УФ-радиометра «ТКА-ПКМ» (12) помещали в закрытый короб (рисунок 3.12). При помощи фиксаторов подвеса изменяли высоту свеса $h_{свеса}$ УФ-лампы.

Расстояние от источника УФ-излучения до фотометрической головки измеряли при помощи лабораторной линейки. На панели прибора «ТКА-ПКМ» (12) задавали необходимый диапазон измерений. В дальнейшем меняя расстояние h от УФ-лампы до фотометрической головки фиксировали показания прибора в спектре излучения УФ-С. Для каждого контрольного расстояния h замеры проводились в трех повторностях. Измерения проводились при температуре воздуха 24 °С, что соответствует рабочему диапазону УФ-радиометра «ТКА-ПКМ» (12).



Рисунок 3.12 – Измерение энергетической освещённости

1 – короб; 2 – УФ-радиометр

В эксперименте использовали УФ-лампы типа ДКБУ-7 и *Uniel ESL-PLL-36*. В результате проведённых измерений получена зависимость влияния энергетической освещённости в зоне облучения от расстояния до УФ-лампы.

3.6 Методика исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на зерно перед проращиванием

3.6.1 Методика исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на конечную массу витаминного корма и длину ростков зерна после проращивания

За тысячелетний период развития и эволюции семена хорошо адаптировались к выживанию в тяжелых условиях засух, наводнений и перепадов температур. У многих растений выработался защитный механизм сохранения видов – глубокий период покоя. Однако, состояние глубокого покоя может затруднять проращивание зерна на витаминный корм в осенне-зимний период. В этих условиях появляется необходимость принудительно выводить зерно из состояния глубокого покоя. При проращивании для этого можно использовать электрофизическую обработку.

При получении зелёных витаминных кормов производителей интересует масса витаминного корма и длина ростка содержащая витамины, макро и микроэлементы. Для изучения закономерностей влияния режимов УФ-обработки на конечную массу витаминного корма и длину ростка при проращивании использовали сою сорта «Нежеголь». В качестве варьируемых факторов приняты энергетическая освещённость и продолжительность УФ-облучения. Уровни варьирования факторов представлены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Факторы влияющие на параметры оптимизации

Обозначение	Наименование фактора	Уровни варьирования		
		-1	0	+1
X_1	Энергетическая освещённость поверхности при УФ-облучении, $Вт/м^2$	1	5	9
X_2	Продолжительность УФ-облучения, с.	30	60	90

Продолжительность УФ-облучения сои выбирали исходя из результатов собственных исследований и данных исследований различных учёных [88-92].

В качестве параметра оптимизации в экспериментах выступала конечная масса витаминного корма, для второго опыта длина ростка.

Для опытов использовали сою со склада производственно-технологического комплекса УНИЦ «Агротехнопарк» Белгородского ГАУ соответствующую ГОСТ 17109-88 «Соя. Требования при заготовках и поставках» с влажностью 14 %.

В соответствии с планом эксперимента были отобраны образцы из четырёх партий. В последующем из каждой отобранной партии было подготовлено по десять навесок. Каждая навеска содержала по 100 зёрен.

Ультрафиолетовую обработку зерна проводили в разработанной установке ленточного типа.

Последовательность проведения обработки в установке заключалась в следующем:

- 1) Фиксируют ультрафиолетовую лампу на установленной высоте над зоной обработки. Высота свеса ультрафиолетовой лампы выбирается для обеспечения требуемой энергетической освещённости в зоне обработки зерна с учётом матрицы планирования эксперимента.

- 2) Предварительно включают ультрафиолетовую лампу для того, чтобы она разогрелась и перешла в рабочий режим.

- 3) Проверяется соблюдение уровня энергетической освещённости в зоне обработки зерна при помощи УФ-радиометра «ТКА-ПКМ» (12).

- 4) Зерно из экспериментальной навески проходит ультрафиолетовую обработку в установке.

- 5) Требуемую продолжительность УФ-обработки контролируют при помощи секундомера. Длительность прохождения зерна под источником УФ-излучения регулируют скоростью движения ленты транспортёра. Таким образом, проводят обработку всех экспериментальных образцов в соответствии с планом эксперимента.

После обработки зерно проращивали. Последовательность операций по проращиванию состояла в следующем:

1) Обработанные образцы зерна помещали в ёмкости для проращивания. На дне ёмкостей располагали водопоглощающий материал из синтетических волокон (спанлейс, на 80% состоит из вискозы). Такой материал препятствует пересыханию зерна и позволяет ему постоянно подпитываться необходимым количеством влаги.

2) Ёмкости с зерном размещали в устройстве для проращивания, представленном на рисунке 3.13.

3) В период проращивания, в течение каждых суток, зерно каждые три часа увлажняли. Температура при проращивании поддерживалась на уровне 22-24 °С.



Рисунок 3.13 - Устройство для проращивания зерна

4) При проращивании каждые сутки в течение 4 часов (с 9-00 до 13-00) обработанные и контрольные образцы подвергали искусственному освещению под фитолампой *Camelion*. В остальное время суток лампу выключали и зерно проращивали в темноте.

5) Срок проращивания составлял 5 суток. Замер длины ростков и конечной массы сои проводился в конце срока проращивания.

Принципиальная электрическая схема устройства для проращивания зерна представлена на рисунке 3.14.

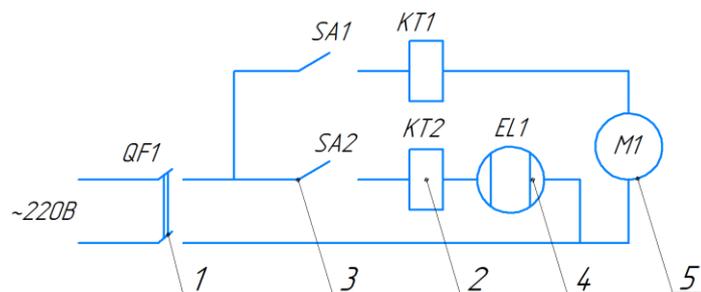


Рисунок 3.14 – Принципиальная электрическая схема устройства для проращивания зерна

1 – автоматический выключатель; 2 – реле времени; 3 – выключатель; 4 – светодиодная фитолампа; 5 – вентилятор

Устройство для проращивания зерна состоит из корпуса с крышкой, вентилятора для циркуляции воздуха внутри корпуса, чашечек для зерна и фитолампы. Фитолампа и вентилятор подключены через реле времени. Для досвечивания зерна при проращивании пользовались фитолампой *Camelion LED10-PL/BIO/27*. Технические характеристики фитолампы представлены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Технические характеристики фитолампы *Camelion*

Параметр	Значение
Тип лампы	LED10-PL/BIO/27
Спектр излучения:	
Синий, %	23
Красный, %	77
Мощность, Вт	10
Напряжение в лампе, В	220
Срок службы, ч	30000

Продолжительность досвечивания была выбрана исходя из результатов собственных исследований и рекомендаций для процесса проращивания и составляла 4 часа в сутки.

Для фиксации периодов увлажнения зерна использовали секундомер. При проращивании у сои увеличивается интенсивность дыхания. Накопление влаги в зерне приводит к росту и развитию зародыша. Процесс дыхания сопровождается выделением углекислого газа и тепла. Для поддержания постоянной температуры и удаления излишков углекислого газа в устройстве для проращивания работает вентилятор. Измерение температуры и влажности

при проращивании проводились термогигрометром. Опыты по проращиванию проводились в трех повторностях. По полученным данным эксперимента были сформированы таблицы и построены зависимости влияния вышеперечисленных параметров на длину ростков и массу сои. После проращивания образцы вместе с контролем были сданы в лабораторию для исследования содержания микроэлементов. По результатам исследований в лаборатории был получен протокол испытаний, представленный в приложении В.

3.6.2 Методика исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на всхожесть и энергию прорастания зерна

В растениеводстве высокая всхожесть — это залог хорошего урожая. Высокие посевные качества характерны для семян первого класса. Посевные качества семян определяют совокупность свойств, характеризующих пригодность для посева (всхожесть, энергия прорастания, чистота, влажность, масса 1000 семян, заражённость болезнями и вредителями). Если семена отвечают установленным требованиям они считаются кондиционными.

При получении пророщенного зерна на витаминный корм используют фуражное зерно с низкой всхожестью. Однако, производители пророщенного зерна стремятся повысить всхожесть путем предварительной обработки и не допустить загнивания проращиваемой массы.

Всхожесть выражается в процентах и характеризуется числом нормально развитых проростков за установленный период. Для каждой культуры этот период различается.

Для опытов по определению всхожести и энергии прорастания использовали сою со склада производственно-технологического комплекса УНИЦ «Агротехнопарк» Белгородского ГАУ соответствующие ГОСТ 17109-88 «Соя. Требования при заготовках и поставках» с влажностью 14 %. Измерение влажности проводилось прибором *WILE-55*.

В соответствии с планом эксперимента были отобраны образцы из четырех партий. В последующем из каждой отобранной партии было подготовлено десять навесок.

В качестве варьируемых факторов в эксперименте приняты энергетическая освещённость и продолжительность УФ-облучения (таблица 3.9). В качестве параметра оптимизации принята всхожесть зерна после УФ-обработки.

Последовательность проведения ультрафиолетовой обработки в установке ленточного типа для УФ-обработки зерна соответствует методике, изложенной в п. 3.6.1.

Сою после ультрафиолетовой обработки передавали в испытательную лабораторию ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ для определения всхожести и энергии прорастания в соответствии с ГОСТ 12038. Вместе с этим в испытательной лаборатории были получены данные по содержанию витаминов и микроэлементов в пророщенном зерне.

В испытательной лаборатории из каждой навески отбирали по 100 зёрен для проращивания. Зёрна, подготовленные для проращивания, раскладывались в формах на фильтровальную бумагу и помещались в термостат рисунок 3.15.



Рисунок 3.15 – Проращивание зерна в термостате

При подсчётах энергии прорастания из общего числа прорастающих зёрен в каждом образце считают и удаляют нормально проросшие зёрна, образцы с признаками загнивания исключали. Ненормально проросшие зёрна убрали для дальнейшего проращивания.

При определении всхожести все проросшие зёрна разбивали на группы: нормально проросшие и ненормально проросшие, не проросшие и загнившие. После чего рассчитывали процент всхожести и энергии прорастания.

По результатам исследований в лаборатории был получен протокол испытаний, представленный в приложении В.

3.6.3 Методика исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на микробную обсеменённость и число дрожжей и плесеней в сумме

На поверхности зерна всех сельскохозяйственных культур находятся микроорганизмы. Некоторые из них попадают на культуру еще в процессе роста и развития и проявляют себя после сбора урожая. Другие разновидности микроорганизмов попадают вместе с пылью и частицами почвы и активно развиваются на зерне, получившем повреждения в процессе уборки, транспортировки или хранения. Микроорганизмы могут стать причиной порчи зерна при хранении, приводить к самосогреванию и последующему гниению.

Низкая влажность в период хранения снижает активность микроорганизмов на поверхности зерна. Однако, если зерно используют для проращивания на зелёный витаминный корм, то по технологии процесса обеспечивается теплая и влажная среда т.е. благоприятные условия для развития микроорганизмов. При этом количество плесени может возрасти до 2,5 раз, дрожжей в 5-10 раз, а число бактерий увеличиться в 50-100 раз. В связи с этим обеспечение микробиологических показателей зерна перед проращиванием на зелёный витаминный корм является важной задачей.

Общеизвестно о высокой бактерицидной эффективности УФ-излучения в отношении патогенных микроорганизмов. Излучение с

длиной волны 200-315 нм эффективно инактивирует заразные начала спор, бактерий и дрожжей. Для выбора эффективного режима основное значение имеет количественный показатель микробной обсеменённости на поверхности зерна.

Для исследований влияния режимов УФ-облучения на микробную обсеменённость на поверхности зерна и число дрожжей и плесеней в сумме были взяты образцы из трех различных партий со склада производственно-технологического комплекса УНИЦ «Агротехнопарк» Белгородского ГАУ соответствующие ГОСТ 17109-88 «Соя. Требования при заготовках и поставках» с влажностью 14 %.

В качестве варьируемых факторов в эксперименте приняты энергетическая освещённость и продолжительность УФ-облучения (таблица 3.9).

В соответствии с планом эксперимента из каждой партии было подготовлено по десять навесок. Затем каждую навеску обрабатывали в установке ультрафиолетовой обработки зерна ленточного типа в режиме, соответствующем плану эксперимента. Последовательность УФ-обработки зерна соответствует методике, изложенной в разделе 3.6.1.

Чтобы получить объективные данные по микробной обсеменённости и числу дрожжей, и плесени в сумме, было принято решение воспользоваться лабораторными исследованиями. Пробы для лаборатории помещали в стерильные пакеты. Образцы были направлены в испытательную лабораторию ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ для определения общего количества микробных клеток в соответствии с ГОСТ 10444.15 и определения дрожжей и плесени в сумме по ГОСТ 10444.12. По результатам исследований в лаборатории был получен протокол испытаний, представленный в приложении В.

Выводы по третьей главе

В научной литературе недостаточно сведений по влиянию ультрафиолетового облучения на сою, отсутствуют обоснованные

рекомендации по дозам облучения и проявляющимся при этом эффекте. Следует учитывать, что дозы облучения сои отличаются от норм ультрафиолетовой обработки для других культур. Отличия проявляются в следствии формы зерна и специфики наружных покровов.

В главе представлено общее устройство и принцип работы установки ультрафиолетовой обработки зерна. Рассмотрены уровни варьирования влияющих факторов. Приведены методики проведения экспериментов с целью определения оптимальных параметров обработки зерна перед проращиванием и конструктивных характеристик установки.

Разработаны методики оценки:

- Энергетической освещённости от различных источников ультрафиолетового излучения.

- Влияния режимов ультрафиолетовой обработки на конечную массу витаминного корма после проращивания.

- Влияния режимов ультрафиолетовой обработки на длину ростков при проращивании.

- Влияния режимов ультрафиолетовой обработки на всхожесть и энергию прорастания зерна.

- Влияния режимов ультрафиолетовой обработки на микробную обсеменённость и число дрожжей и плесеней в сумме на поверхности зерна.

Установлено, что наиболее значимыми факторами, влияющими на эффективность обработки зерна перед проращиванием, являются энергетическая освещённость поверхности при ультрафиолетовом облучении и продолжительность обработки.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Обработка зерна с использованием ультрафиолетового излучения представляет большой интерес для кормопроизводства так как приводит к поверхностному обеззараживанию зерна от патогенных микроорганизмов, а также к стимуляции начальных ростковых процессов. В отношении целесообразности применения ультрафиолетовой обработки зерна в научных трудах можно встретить много мнений, в том числе и отрицательных. Согласно рекомендациям А.П. Дуброва: «к оценке таких работ следует подходить с известной осторожностью, нередко при описании конечных результатов воздействия ультрафиолетовой радиации не учитывались многие факторы: время хранения зерна, температурные условия. Возможно, что недостаточный учёт исследователями указанных факторов позволил многим сделать вывод об отсутствии заметной стимуляции от облучения по сравнению с контролем».

Проявление неустойчивого эффекта стимуляции вполне объяснимо разнообразными реакциями живых организмов, находящихся в разных качественных состояниях [33].

В данной главе отражены полученные результаты экспериментальных исследований по влиянию ультрафиолетовой обработки на зерно.

4.1 Результаты исследований энергетической освещённости облучаемой поверхности от расстояния до источника ультрафиолетового излучения

Экспериментальные исследования по оценке энергетической освещённости облучаемой поверхности от расстояния до источника УФ-излучения проводились в соответствии с методикой, изложенной в п. 3.5.

Перед замерами показаний энергетической освещённости УФ-лампу протирали от пыли, включали, давали возможность разгореться и перейти в рабочий режим.

Показатели зависимости влияния энергетической освещённости зоны облучения от расстояния до УФ-ламп типа *ДКБУ-7* и *Uniel ESL-PLL-36* для спектра УФ-С, представлены на рисунке 4.1.

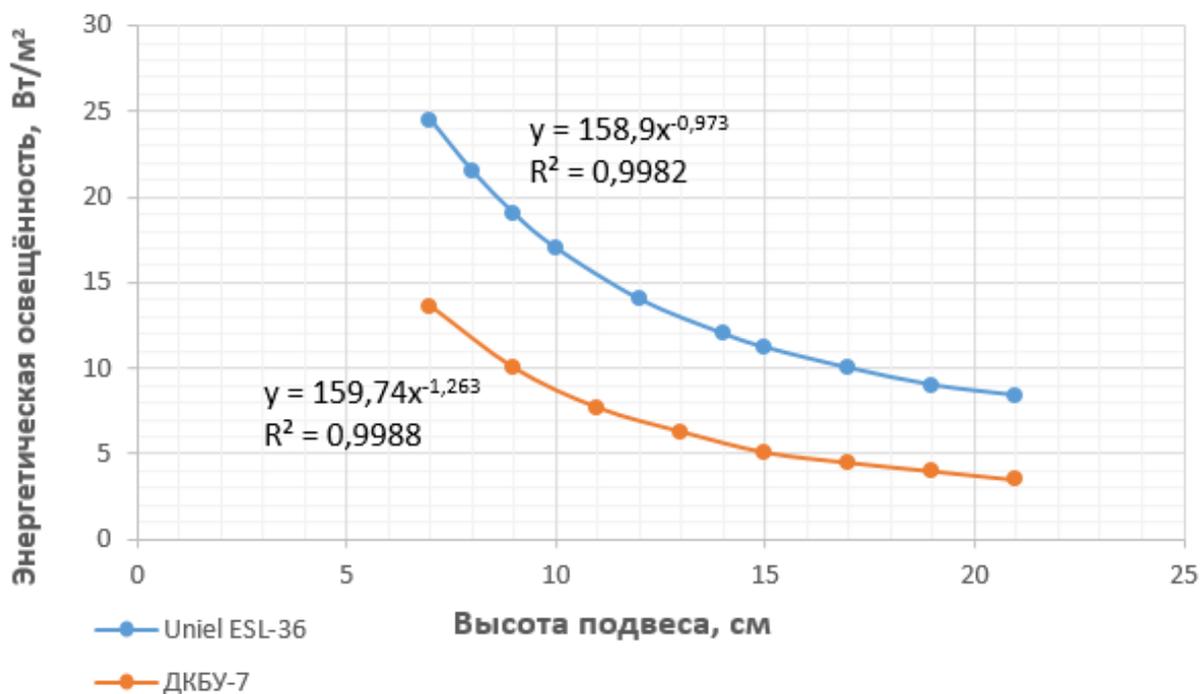


Рисунок 4.1 - Энергетическая освещённость поверхности от ламп *Uniel ESL-PLL-36* и *ДКБУ-7* в спектре излучения УФ-С

Основная мощность излучения лампы *ДКБУ-7* и *Uniel ESL-PLL-36* приходится на длину волны 253,7 нм, что соответствует спектру УФ-С (200-280 нм). В данном спектре лампы показали наибольшую энергетическую освещённость при измерениях. С учётом особенностей конструкции установки ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием мы не можем расположить источник УФ-излучения ближе чем на 10 см к зоне обработки. Измерения энергетической освещённости проводились под центром лампы на расстоянии от 7 до 22 см. Анализируя график представленный на рисунке 4.1 можно отметить, что чем ближе расположена УФ-лампа к фотометрической головке УФ-радиометра, тем выше показатель энергетической освещённости. Источник *ДКБУ-7* на расстояние 7 см обеспечивает энергетическую освещённость $E=13,8 \text{ Вт/м}^2$. На удалении

лампы на расстояние $h=21$ см, показатель $E=3,4$ Вт/м². Максимальный показатель энергетической освещённости в опыте с лампой *Uniel ESL-PLL-36* приходится на расстояние 7 см, где зафиксировано значение $E=24,5$ Вт/м². На удалении лампы на высоту $h=21$ см значение $E=8,4$ Вт/м².

Анализируя результаты измерений источников ДКБУ-7 и *Uniel ESL-PLL-36* можно сделать вывод, что для увеличения энергетической освещённости УФИ в бактерицидном спектре УФ-С нам необходимо расположить лампу максимально близко к зоне обработки с учётом конструктивных особенностей установки. Отметим, что качественный тренд влияния расстояния от источника до объекта на величину энергетической освещённости от линейных УФ-ламп фактически совпадает с результатами теоретических исследований, приведённых во 2 разделе. В данном случае освещённость поверхности под лампой обратно пропорциональна высоте подвеса h .

Следовательно, результаты теоретических исследований могут быть применимы для предварительной оценки уровня энергетической освещённости на стадии проектирования при выборе установленной мощности УФ-источника и его длины. Для этого можно использовать математические выражения (2.44), (2.45) и (2.46) по п. 2.4. с введением поправочных коэффициентов, учитывающих технические характеристики УФ-ламп.

$$E_A(\alpha, \varphi) = \frac{I_0}{h} \cdot \cos^2 \varphi \cdot F(\alpha), \quad (4.1)$$

$$F(\alpha) = \frac{1}{4} [2\alpha_1 + \sin 2\alpha_1 - 2\alpha_2 - \sin 2\alpha_2], \quad (4.2)$$

Поправочные коэффициенты применительно к современным типам линейных УФ-ламп приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Значение поправочных коэффициентов

Тип лампы	Установленная мощность F , Вт	Длина лампы L , м	I_0 , Вт/м	Поправочный коэффициент
ДКБУ-7	7	0,12	4,64	$4,5 \cdot 10^{-3}$
Uniel ESL-PLL-36/UVCO/2G11/CL	36	0,4	7,17	$1,58 \cdot 10^{-3}$

Сравнение экспериментальных (рисунок 4.1) и расчётных (рисунок 2.11) значений энергетической освещённости под центром лампы *Uniel ESL-PLL-36* на расстоянии $h=0,1$ м до освещаемой поверхности показало, что расхождение между расчётными и экспериментальными значениями не превышает 7%, что вполне допустимо при инженерных расчётах. Совпадение результатов теоретических расчетов и практического эксперимента позволяет проводить расчёты с высокой достоверностью.

4.2 Результаты исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на конечную массу зерна после проращивания

Проращивание сои для дальнейшего определения прироста массы зелёного витаминного корма проводилось в соответствии с методикой изложенной в п. 3.6.1.

В сельском хозяйстве производителей зелёных витаминных кормов интересует конечная масса кормовой продукции после проращивания.

Эффективность получения пророщенного зерна можно оценивать с точки зрения получения максимальной массы кормовой добавки от единицы исходного сырья. Поэтому в качестве основного показателя эффективности выбрана масса зерна после проращивания. Проведённые экспериментальные исследования были направлены на выявление взаимосвязи между параметрами УФ-обработки и конечной массой пророщенного зерна. В качестве объекта экспериментальных исследований использовали сою сорта «Нежеголь».

В качестве основных варьируемых воздействующих факторов при проведении экспериментальных исследований были определены: энергетическая освещённость поверхности при УФ-облучении (Bm/m^2) и продолжительность УФ-облучения (c). В качестве функции отклика оценивали массу зерна после проращивания.

Для возможности регрессионного анализа результатов эксперимента обработка образцов проводилась в соответствии с планом Коно для 2-х факторного эксперимента первого порядка. Кодированные значения и интервал варьирования воздействующих факторов приведены в таблице 3.9.

Исследования проводились в 4-х кратной повторности в каждой из 4-х точек плана эксперимента. Количество точек плана эксперимента, значения воздействующих факторов в кодированных единицах и результаты замеров массы зерна после обработки с последующим проращиванием приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Матрица плана и результаты эксперимента

№ опыта	X_1	X_2	Масса пророщенных семян, г	НСР ₀₅
1	-1	-1	30,7	1,3
2	1	-1	32,7	1,4
3	-1	1	31,8	0,5
4	1	1	32,8	1,2
5	0	0	31,8	1,1
6	контроль	-	29,3	0,9

В результате реализации плана Коно для 2-х факторного эксперимента была получена регрессионная зависимость между функцией отклика и воздействующими факторами. Полученное регрессионное уравнение в кодированных переменных имеет вид:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_{12}X_1X_2, \quad (4.3)$$

где X_1 - энергетическая освещённость поверхности при УФ-облучении, о.е. ($-1 \leq X_1 \leq +1$), X_2 - продолжительность УФ-облучения, о.е. ($-1 \leq X_2 \leq +1$);

$B_0 = 31,98$; $B_1 = 0,76$; $B_2 = 0,29$; $B_{12} = -0,24$ – значения коэффициентов регрессионного уравнения.

Для оценки воспроизводимости опытов использовали критерий Кохрена. Значение критерия Кохрена при уровне значимости $\alpha=0,05$ и числе степеней свободы $f_2=12$ $G_{расч}=0,25$ не превышало допустимого уровня $G_{0,05}=0,68$ ($0,25 \leq 0,68$) [102, 103].

Оценка значимости коэффициентов уравнения производилась с использованием критерия Стьюдента ($t_{кр}$) при уровне значимости $\alpha=0,05$ и числе степеней свободы $f_2=12$. Менее значимым проявил себя коэффициент $B_{12} = -0,24$, который был исключён из уравнения регрессии.

Расчётное уравнение регрессии в натуральных переменных получается заменой кодированных переменных в уравнении (4.3) их натуральными аналогами в соответствии с таблицей 3.9 по формулам:

$$X_1 = \frac{(E_{л}-5)}{4}; \quad (4.4)$$

$$X_2 = \frac{(t_{обр} - 60)}{30}. \quad (4.5)$$

Расчётное уравнение может быть записано в виде:

$$M_{зерн} = 31,98 + 0,76 \cdot \frac{(E_{л}-5)}{4} + 0,29 \cdot \frac{(t_{обр} - 60)}{30}, \quad (4.6)$$

где $M_{зерн}$ – масса пророщенного зерна, г;

$E_{л}$ - энергетическая освещённость поверхности, Bm/m^2 ;

$t_{обр}$ – продолжительность облучения, с.

Оценка адекватности полученной математической модели проводилась по критерию Фишера. В результате проведённых расчётов получили показатель $F_{расч}= 3,32$, который не превысил допустимых значений $F_{ТАБЛ}=4,75$ ($3,32 \leq 4,75$) [133, 134].

Для графического представления влияния режимов обработки на массу пророщенного зерна на рисунке 4.2 приведена расчётная поверхность массы

сои (ε) в зависимости от натуральных значений энергетической освещённости поверхности ($Вт/м^2$) и продолжительность УФ-облучения ($с$).

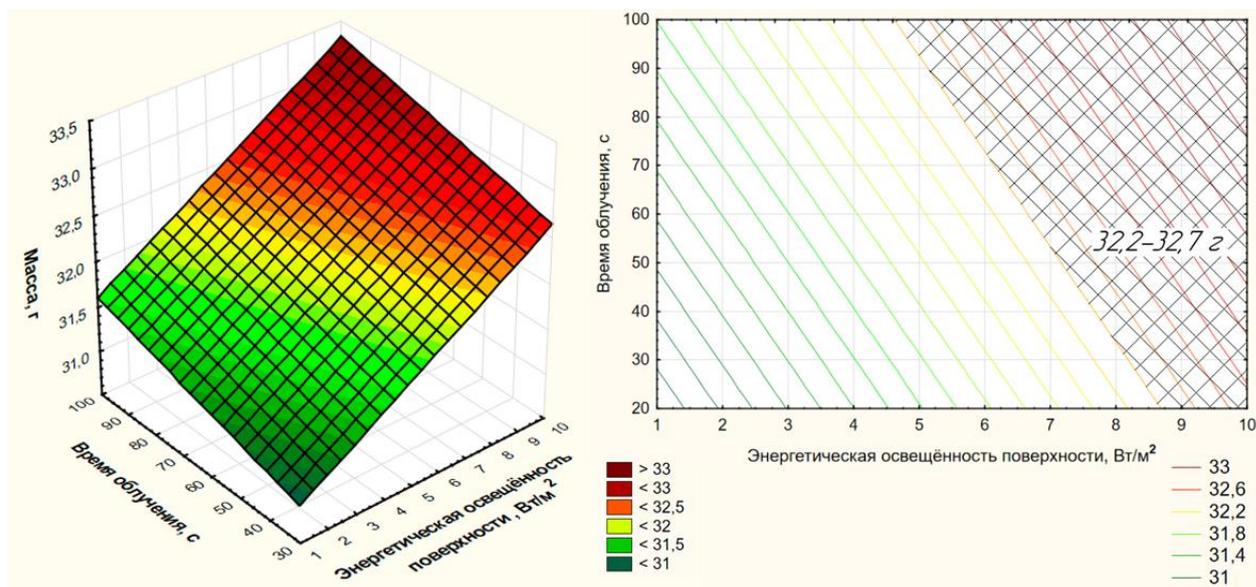


Рисунок 4.2 – Поверхность отклика массы сои при проращивании в зависимости от натуральных значений энергетической освещённости поверхности и продолжительности УФ-облучения

Прибавка массы зерна, выраженная в процентном соотношении по сравнению с контрольным образцом представлена в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Прибавка пророщенной массы зерна

№ опыта	Значение факторов в натуральных единицах		Прибавка массы по сравнению с контролем, %	Доза УФ-облучения, Дж/м ²	Затраты энергии, Дж / %
	X_1	X_2			
1	1	30	4,8	30	6,3
2	9	30	11,6	270	23,3
3	1	90	8,5	90	10,6
4	9	90	11,9	810	68,1
5	5	60	8,5	300	35,3

Анализируя полученные результаты можно отметить, что прирост массы зерна при проращивании будет зависеть как от значения энергетической освещённости поверхности, так и от времени УФ-обработки. Гипотеза:

прибавка массы зерна пропорциональна дозе обработки – ошибочна. Наилучшие режимы для увеличения массы зерна были получены при показателях энергетической освещённости в пределах от 5 до 9 $Вт/м^2$.

В процентном соотношении прибавки пророщенной массы зерна наилучшими показали себя образцы второго и четвертого опытов, прибавка массы зерна составила 11,6 и 11,9% соответственно. С позиции энергозатрат целесообразно рекомендовать режим обработки зерна с энергетической освещённостью поверхности 9 $Вт/м^2$ и наименьшей продолжительностью УФ-облучения 30 секунд. В таком случае прибавка массы составит 11,6%, а затраты энергии по отношению к проценту прибавки массы зерна 23,3 $Дж/%$.

С учётом рекомендованного режима и полученной номограммы распределения энергетической освещённости п. 2.5. от источника типа *Uniel-ESL-PLL-36* полезная ширина зоны обработки на ленте конвейера, в пределах которой энергетическая освещённость будет не менее 9 $Вт/м^2$, составляет 100 мм от оси лампы в обоих направлениях, что обеспечит равномерную обработку слоя зерна в разработанной установке с шириной ленты конвейера 200 мм.

На основании полученной номограммы распределения энергетической освещённости от источника типа *ДКБУ-7* полезная ширина зоны обработки на ленте конвейера, в пределах которой энергетическая освещённость будет не менее 9 $Вт/м^2$, составляет 60 мм от оси лампы в обоих направлениях, что недостаточно для имеющейся конструкции установки.

Дальнейшая оценка влияния ультрафиолетовой обработки на зерно при проращивании будет проведена с учётом рекомендуемого режима.

4.3 Результаты исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на длину ростков зерна после проращивания

Опыты по определению влияния режимов ультрафиолетовой обработки на длину ростков проводились в соответствии с методикой изложенной в п. 3.6.1.

Влияние технологических параметров на длину ростков зерна при проращивании оценивалось с применением методики планирования эксперимента. Кодированные значения и интервал варьирования воздействующих факторов приведены в таблице 3.9. Исследования проводились в 4-х кратной повторности в каждой из 4-х точек плана эксперимента [104]. Образцы пророщенной сои на 5 сутки после начала проращивания представлены на рисунок 4.3.



Рисунок 4.3 – Пророщенная соя

После проведения исследований согласно плану Коно для 2-х факторного эксперимента были получены исходные данные, которые обрабатывались на ЭВМ.

Количество точек плана эксперимента, значения воздействующих факторов в кодированных единицах и результаты измерений длины ростков сои на пятые сутки после проращивания приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Матрица плана и результаты эксперимента

Номер опыта	X_1	X_2	Длина ростка, мм	НСР ₀₅
1	-1	-1	114,5	2,8
2	1	-1	115,9	2,3
3	-1	1	104,4	4,2
4	1	1	118,0	4,0
5	-1	0	110,4	3,8
6	1	0	119,9	3,5
7	0	-1	101,1	3,9
8	0	1	102,2	3,4
9	0	0	109,5	3,2
10	Контроль		109,8	2,7

Для оценки воспроизводимости опытов использовали критерий Кохрена при уровне значимости $\alpha=0,05$ и числе степеней свободы $f_2=12$. Расчётное значение критерия Кохрена $G_{расч}=0,12$ не превышало допустимых значений $G_{0,05}=0,4$ ($0,12 \leq 0,4$) [102, 103].

В результате реализации плана Коно для 2-х факторного эксперимента была получена регрессионная зависимость между функцией отклика и воздействующими факторами. В кодированных переменных уравнение представлено в формуле:

$$L_{\text{рост}} = B_0 + B_1 \cdot X_1 + B_2 \cdot X_2 + B_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + B_{11} \cdot X_1^2 + B_{22} \cdot X_2^2, \quad (4.7)$$

где X_1 – энергетическая освещённость поверхности при УФ-облучении, о.е ($-1 \leq X_1 \leq +1$);

X_2 – продолжительность УФ-облучения, о.е ($-1 \leq X_2 \leq +1$);

$$B_0 = 106,81; B_1 = 3,98; B_2 = -1,04; B_{12} = 1,95; B_{11} = 9,70; B_{22} = -3,85.$$

Коэффициенты уравнения регрессии по влиянию энергетической освещённости поверхности (Bm/m^2) и продолжительности облучения (c) на длину ростка рассчитывали при помощи пакета программы «Microsoft Excel».

Оценка значимости коэффициентов уравнения производилась с использованием критерия Стьюдента ($t_{кр}$) при уровне значимости $\alpha=0,05$ и числе степеней свободы $f_2=12$. В уравнении регрессии коэффициенты B_2 и B_{12} были исключены т.к. являются менее значимым по сравнению с остальными.

Оценка адекватности полученной математической модели проводилась по критерию Фишера. Модель является адекватной $F_P=1,25 < F_{ТАБЛ}=2,57$ [102, 103].

Полученное регрессионное уравнение в натуральных переменных имеет вид:

$$L_{\text{рост}} = 106,81 + 3,98 \cdot \frac{(E_{\text{л}}-5)}{4} + 9,70 \cdot \left(\frac{(E_{\text{л}}-5)}{4}\right)^2 - 3,85 \cdot \left(\frac{(t_{\text{обр}} - 60)}{30}\right)^2, \quad (4.8)$$

где $L_{\text{рост}}$ – длина ростка при проращивании, мм;

$E_{\text{л}}$ - энергетическая освещённость поверхности при УФ-облучении, Вт/м²;

$t_{\text{обр}}$ – продолжительность облучения, с.

Анализ энергетических показателей УФ-обработки при увеличении длины ростка семян, выраженный в процентном соотношении по сравнению с контрольным образцом, представлен в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Энергетические показатели УФ-обработки

№ опыта	Значение действующих факторов в натуральных единицах		Доза УФ-облучения, Дж/м ²	Длина ростка, мм	Прибавка длины ростков по сравнению с контролем, %
	X_1	X_2			
1	1	30	30	114,5	4,3
2	9	30	270	115,9	5,6
3	1	90	90	104,4	-4,9
4	9	90	810	118,0	7,5
5	1	60	60	110,4	0,5
6	9	60	540	119,9	9,2
7	5	30	150	101,1	-7,9
8	5	90	450	102,2	-6,9
9	5	60	300	109,5	-0,3

Для графического представления влияния режимов обработки на длину ростков на рисунке 4.4 приведена расчётная поверхность длины ростков сои (мм) после проращивания, в зависимости от натуральных значений энергетической освещённости УФ-облучения (Вт/м²) и продолжительность УФ-облучения (с).

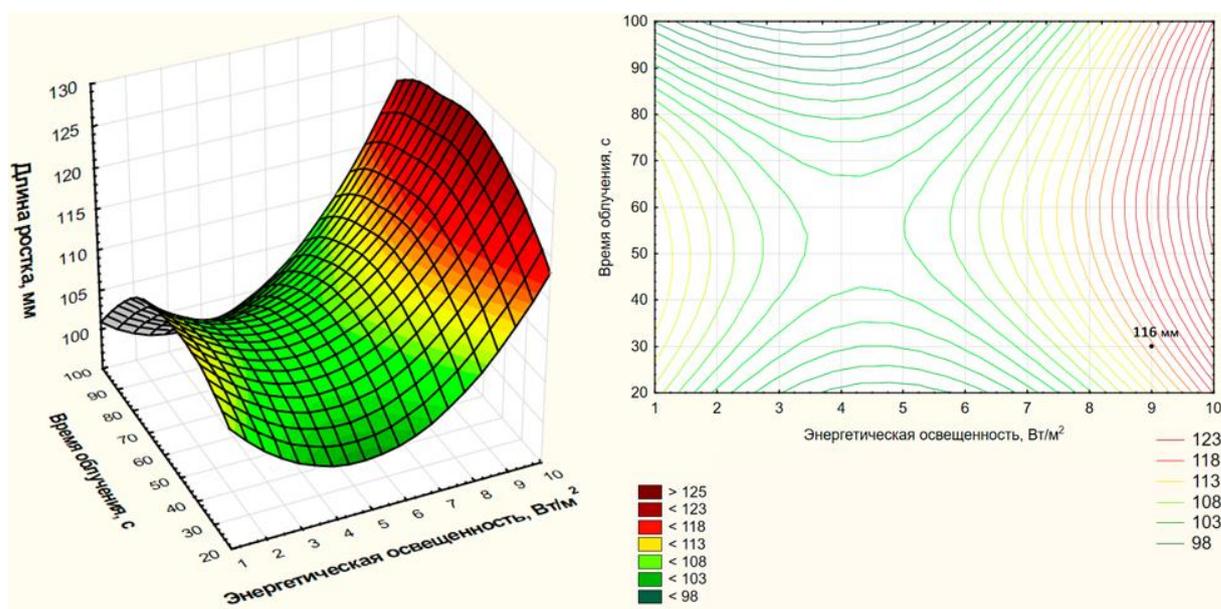


Рисунок 4.4 – Поверхность отклика длины ростков сои

Согласно полученным данным, отмечается увеличение длины ростков сои при увеличении энергетической освещённости ($Вт/м^2$) ультрафиолетового облучения. Наибольшая длина ростков 110-120 мм наблюдается в диапазоне обработки от 7 до 9 $Вт/м^2$ с экспозицией облучения от 30 до 90 с. Анализируя полученную поверхность, можно отметить увеличение длины ростков при малых значениях энергетической освещённости 1-2 $Вт/м^2$ и времени облучения от 30 до 75 с, и последующее снижение длины в промежутке от 2 до 6 $Вт/м^2$.

Наблюдаемый на графике «провал» длины ростков при энергетической освещённости от 4 $Вт/м^2$, можно объяснить неоднозначностью ответной реакции растительных организмов на данный режим обработки. Обрабатываемое зерно состоит из сильных, травмированных и ослабленных единиц. В каждой зерновке индивидуальные особенности работы ферментативного аппарата и систем жизнедеятельности.

Для отдельных сельскохозяйственных культур небольшие дозы ультрафиолетового облучения способны приводить к ускорению роста и развития, для других нет, это зависит от особенностей поверхностных покровов, которые позволяют ультрафиолетовому излучению проникать на

различную глубину растительных тканей и провоцировать фотохимические реакции в клетках. Однако, наблюдаемый эффект стимуляции при небольших значениях энергетической освещённости проявляется нестабильно, что даёт основания отказаться от рекомендации режимов обработки сои с небольшими удельными дозами.

На практике стоит учитывать тот факт, что при стимуляции ростковых процессов в зерне решающее значение принадлежит качеству сырья. Отдельные зерновки обладают разным жизненным потенциалом. При обработке их реакция будет неоднозначная. Обработка ослабленных, недозрелых, травмированных единиц может существенно улучшить их всхожесть и энергию прорастания, в тоже время как стимуляция «здорового» зерна не приведёт к видимому эффекту.

С учётом рекомендованного режима для увеличения массы зерна при проращивании можно отметить, что при УФ-обработки сои с энергетической освещённостью 9 Вт/м^2 с экспозицией облучения 30 с длина ростков на пятые сутки после начала проращивания составила 115,9 мм (при 109,8 мм в контрольном образце). Увеличение длины ростка по сравнению с контролем составило 5,6%. Затраты энергии по отношению к проценту прибавки длины ростков при этом составят 48,2 Дж/%.

4.4 Результаты исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на всхожесть и энергию прорастания зерна

Исследование зерна на всхожесть проводилось в соответствии с методикой изложенной в п. 3.6.2. Проведённые экспериментальные исследования были направлены на выявление взаимосвязи между параметрами УФ-обработки и всхожестью зерна. В качестве объекта исследований использовали сою сорта «Нежеголь» [98-101].

Количество точек плана эксперимента, значения воздействующих факторов в кодированных единицах и результаты лабораторных исследований на определение всхожести зерна после обработки приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 - Матрица плана и результаты эксперимента

№ опыта	X_1	X_2	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	НСР ₀₅ по всхожести
1	-1	-1	94%	95%	5,8
2	1	-1	95%	97%	3,9
3	-1	1	82%	85%	4,5
4	1	1	91%	93%	4,2
5	-1	0	95%	97%	6,3
6	1	0	99%	100%	0,0
7	0	-1	99%	100%	0,0
8	0	1	88%	91%	6,6
9	0	0	90%	94%	5,6
10	контроль	-	57%	58%	5,7

Сравнивая результаты энергии прорастания и всхожести зерна следует отметить, что общая тенденция влияния режимов обработки сохраняется для обоих показателей. Разница состоит в том, что всхожесть зерна определяется после оценки энергии прорастания и поэтому показатели всхожести выше показателей энергии прорастания.

Для оценки воспроизводимости опытов использовали критерий Кохрена при уровне значимости $\alpha=0,05$ и числе степеней свободы $f_2=12$. Расчётное значение критерия Кохрена $G_{расч}=0,11$ не превышало допустимых значений $G_{0,05}=0,4$ ($0,11 \leq 0,4$) [102, 103].

В результате реализации плана Коно для 2-х факторного эксперимента была получена регрессионная зависимость между функцией отклика и воздействующими факторами. В кодированных переменных уравнение имеет вид:

$$Y_{всх} = B_0 + B_1 \cdot X_1 + B_2 \cdot X_2 + B_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + B_{11} \cdot X_1^2 + B_{22} \cdot X_2^2, \quad (4.9)$$

где X_1 – энергетическая освещённость поверхности при УФ-облучении, о.е ($-1 \leq X_1 \leq +1$);

X_2 – продолжительность УФ-облучения, о.е ($-1 \leq X_2 \leq +1$);

$$B_0 = 97,33; B_1 = 2,17; B_2 = -3,83; B_{12} = 1,00; B_{11} = -0,50; B_{22} = -3,5.$$

Оценка значимости коэффициентов уравнения производилась с использованием критерия Стьюдента ($t_{кр}$) при уровне значимости $\alpha=0,05$ и

числе степеней свободы $f_2=12$. Менее значимым являются коэффициенты $B_{12}=1,00$ и $B_{11}=-0,50$, которые были исключены из уравнения регрессии.

Оценка адекватности полученной математической модели проводилась по критерию Фишера при уровне значимости $\alpha=0,05$. Расчётное значение критерия Фишера $F_{расч}=2,44$ не превышало допустимых значений $F_{0,05}=2,57$ ($2,44 \leq 2,57$) [102, 103].

В качестве функции отклика выступает всхожесть зерна $Y_{всх}$. Расчётное уравнение регрессии в натуральных переменных получается заменой кодированных переменных в уравнении (4.9) их натуральными аналогами в соответствии с таблицей 3.9 по формулам (4.4), (4.5) Полученное регрессионное уравнение в натуральных переменных имеет вид:

$$Y_{всх} = 97,33 + 2,17 \cdot \frac{(E_{л}-5)}{4} - 3,83 \cdot \frac{(t_{обр} - 60)}{30} - 3,5 \cdot \left(\frac{(t_{обр} - 60)}{30}\right)^2, \quad (4.10)$$

где $E_{л}$ - энергетическая освещённость поверхности, Bm/m^2 ;

$t_{обр}$ – продолжительность облучения, с.

Полученная поверхность по влиянию натуральных значений энергетической освещённости УФ-облучения (Bm/m^2) и продолжительности УФ-облучения (с) на всхожесть зерна представлена на рисунке 4.5.

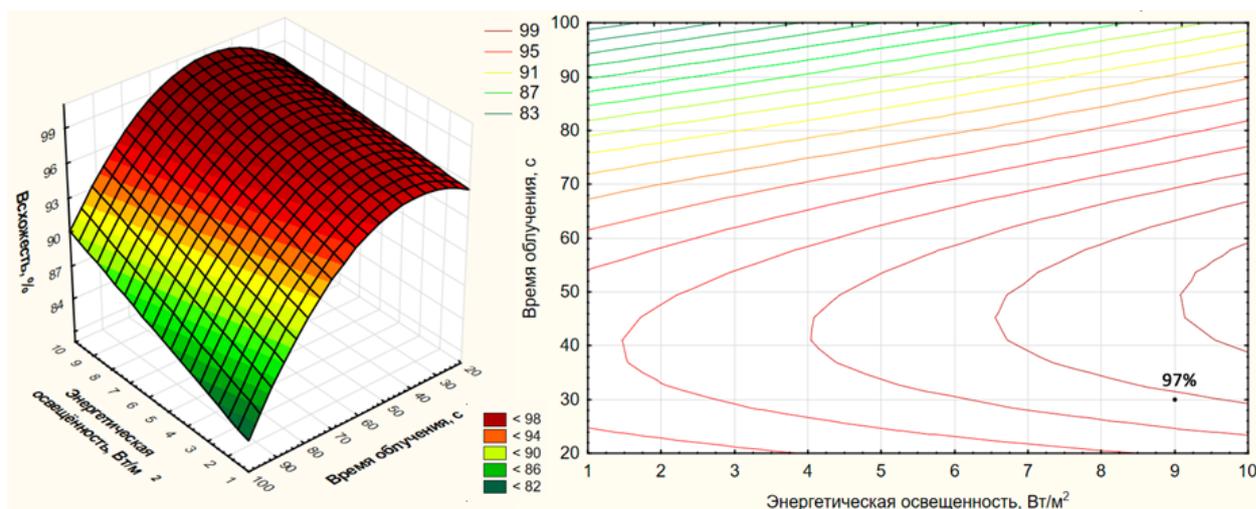


Рисунок 4.5 - Расчётная поверхность всхожести сои в зависимости от натуральных значений энергетической освещённости поверхности и продолжительности облучения

Увеличение всхожести зерна, выраженное в процентном соотношении по сравнению с контрольным образцом и энергетические показатели процесса УФ-обработки представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Энергетические показатели УФ-обработки зерна

№ опыта	Значение действующих факторов в натуральных единицах		Доза УФ-облучения, Дж/м ²	Всхожесть, %	Прибавка всхожести, %	Затраты энергии, Дж / %
	X ₁	X ₂				
1	1	30	30	95,0	37	0,8
2	9	30	270	97,0	39	6,9
3	1	90	90	85,0	27	3,3
4	9	90	810	93,0	35	23,1
5	1	60	60	97,0	39	1,5
6	9	60	540	100,0	42	12,9
7	5	30	150	100,0	42	3,6
8	5	90	450	91,0	33	13,6
9	5	60	300	94,0	36	8,3

С учётом рекомендованного режима для увеличения массы зерна при проращивании можно отметить, что при УФ-обработки сои с энергетической освещённостью 9 Вт/м² с экспозицией облучения 30 с энергия прорастания составила 95%, что на 38% выше контрольного показателя, всхожесть составила 97% (при 58% в контрольном образце). Затраты энергии по отношению к проценту прибавки всхожести составляют 6,9 Дж/%.

4.5 Результаты исследований влияния ультрафиолетовой обработки с последующим проращиванием зерна на состав микроэлементов

Проращивание зерна – это переход из состояния биологического сна к процессу роста зародыша. Процесс включает набухание, прорастание и рост зерна. В кормопроизводстве для проращивания используют: пшеницу, рожь, ячмень, овес, сою, нут, горох и др. культуры.

В процессе прорастания химические соединения в зерновке претерпевают ряд изменений и переходят в более простые и легкоусваиваемые формы. Активно развивается зародыш, нарушается клеточная структура эндосперма. Соединения крахмала превращаются в простой сахар, белки в аминокислоты, жиры гидролизуются до глицерина и жирных кислот. Образуются витамины, повышается активность ферментов и фитогормонов. В зерне накапливаются растворимые сахара – фруктоза, мальтоза, глюкоза. [105-109].

При прорастании в зерне наблюдается перестройка ферментативного комплекса, снижение числа нерастворимых соединений, увеличение растворимых. Влага, проникающая в зерно, формирует гидратную оболочку вокруг белков, что приводит к повышению активности ферментов и расщеплению высокомолекулярных соединений. Возрастает количество гиббереллинов, относящихся к гормонам, стимулирующих рост. Изменяется белковый состав [110-112].

В пророщенном зерне возрастает количество витаминов. Кроме использования имеющихся витаминов происходит интенсивное образование новых. В пророщенных зёрнах содержание витамина С и В увеличивается в 5 раз, витамина Е – в 3 раза [113]. Ценность витамина Е заключается в нормализации воспроизводительной функции у коров [114]. Пророщенное зерно богато витамином А. Содержание витамина В₆ возрастает в 5 раз, витамина В₁ в 1,5 раза, витамина В₂ в 13,5 раз, витамина Е в 3 раза, фолиевой кислоты в 4 раза, витаминов F и P в 3 раза. Возрастает содержание таких элементов как Cr, Li, K, Fe. В прорастающем зерне увеличивается количество пищевых волокон, доля небелкового остатка и содержание лизина, лейцина, валина, изолейцина и метонина.

Одновременно с образованием новых соединений происходит перемещение витаминов внутри зерна. Витамины переходят в растущие части. Перемещение витаминов позволяет создавать условия для жизнедеятельности проростка.

Активность витаминов повышается в соединениях с фосфорной

кислотой. Такие соединения дают начало коферментам. Интенсивность синтеза коферментов наиболее активна в первые дни прорастания.

В период хранения в зерне снижается содержание витаминов В₁, В₂, Е. У зерна со сниженным количеством витаминов могут наблюдаться торможения прорастания [115].

Для оценки состава микроэлементов в сои после УФ-обработки и проращивания образцы были обработаны в рекомендованном режиме с энергетической освещённостью УФ-облучения 9 Вт/м² и продолжительностью обработки 30 с. Доза обработки составила 270 Дж/м². После проращивания зерно было отправлено в исследовательскую лабораторию для определения состава микроэлементов. Результаты исследований представлены на рисунке 4.6.

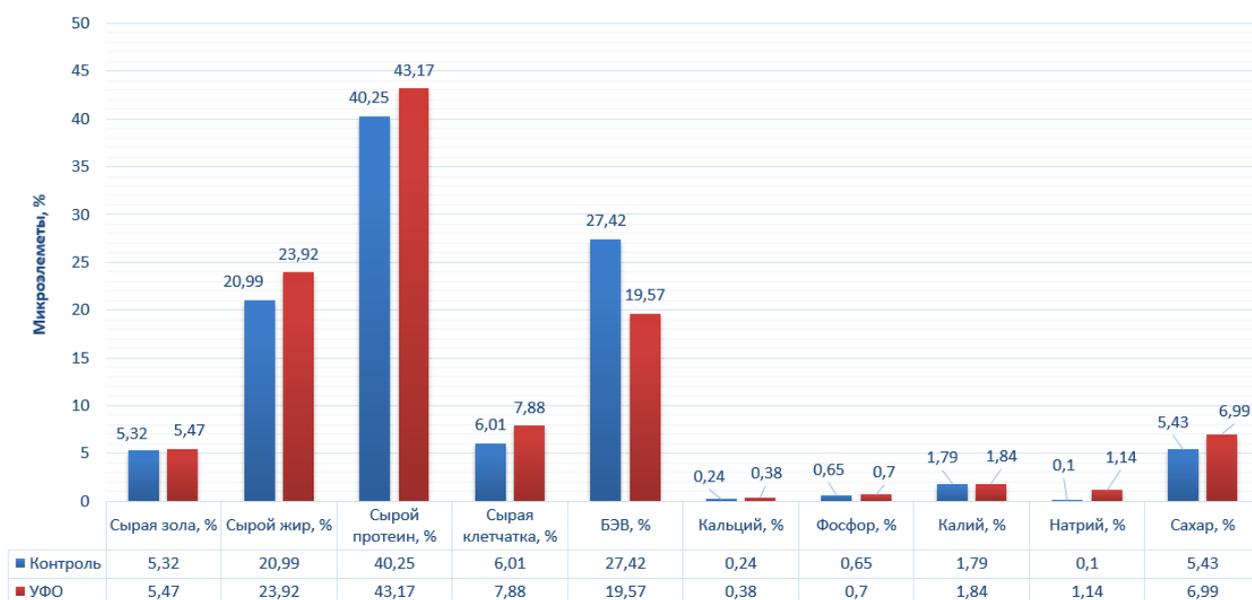


Рисунок 4.6 – Исследования состава микроэлементов в пророщенном зерне

Анализ полученных данных свидетельствует о приросте числа микроэлементов по сравнению с контролем. Прирост микроэлементов составил: сырая зола 0,15%, сырой жир 2,93%, сырой протеин 2,92%, сырая клетчатка 1,87%, кальций 0,14%, фосфор 0,05%, калий 0,05%, натрий 1,13%, сахар 1,56%. По показателю безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) отмечено снижение на 7,85%.

Результаты микробиологических исследований позволяют сделать заключение о росте числа основных микроэлементов, что является положительной тенденцией при использовании пророщенного зерна в качестве витаминной добавки для животных.

4.6 Результаты исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на микробную обсеменённость на поверхности зерна

Исследование зерна на микробную обсеменённость проводилось в соответствии с методикой изложенной в п. 3.6.3.

Проведённые экспериментальные исследования были направлены на выявление взаимосвязи между параметрами УФ-обработки и эффективностью поверхностного обеззараживания зерна перед проращиванием. В качестве объекта экспериментальных исследований использовали сою сорта «Нежеголь».

В качестве основных варьируемых воздействующих факторов при проведении экспериментальных исследований были определены: энергетическая освещённость поверхности при УФ-облучении (Bm/m^2) и продолжительность УФ-облучения (c).

В качестве функции отклика оценивали общее количество микробных клеток на поверхности зерна (KOE/g) после обработки.

Для возможности регрессионного анализа результатов эксперимента обработка образцов проводилась в соответствии с планом Коно для 2-х факторного эксперимента первого порядка. Кодированные значения и интервал варьирования воздействующих факторов приведены в таблице 3.9. Исследования проводились в 4-х кратной повторности в каждой из 4-х точек плана эксперимента.

Количество точек плана эксперимента, значения воздействующих факторов в кодированных единицах и результаты микробиологических исследований на общее количество микробных клеток на поверхности зерна после обработки приведены в таблице 4.8.

Воспроизводимость опытов оценивалась с использованием критерия Кохрена при уровне значимости $\alpha=0,05$ и числе степеней свободы $f_2=12$. Расчётное значение критерия Кохрена $G_{расч}=0,37$ не превышало допустимых значений $G_{0,05}=0,68$ ($0,37 \leq 0,68$) [102, 103].

Таблица 4.8 - Матрица плана и результаты эксперимента

№ опыта	X_1	X_2	Общее количество микробных клеток, 10^3 КОЕ/г	НСР ₀₅
1	-1	-1	1,8	0,3
2	1	-1	0,4	0,1
3	-1	1	2,0	0,3
4	1	1	0,3	0,1
5	0	0	1,0	0,4
6	контроль	-	34,0	3,9

В результате реализации плана Коно для 2-х факторного эксперимента была получена регрессионная зависимость между функцией отклика и воздействующими факторами. Полученное регрессионное уравнение в кодированных переменных имеет вид:

$$Y_{\text{обез}} = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_{12}X_1X_2, \quad (4.11)$$

где X_1 - энергетическая освещённость поверхности при УФ-облучении, о.е. ($-1 \leq X_1 \leq +1$), X_2 - продолжительность УФ-облучения, о.е. ($-1 \leq X_2 \leq +1$); $B_0 = 1,10$; $B_1 = -0,76$; $B_2 = 0,03$; $B_{12} = -0,06$ – значения коэффициентов регрессионного уравнения.

Оценка значимости коэффициентов уравнения производилась с использованием критерия Стьюдента ($t_{кр}$) при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $f_2=12$. В результате проверки выяснилось, что коэффициент B_2 является менее значимым по сравнению с остальными поэтому коэффициент был исключён из уравнения регрессии.

Оценка адекватности полученной математической модели проводилась по критерию Фишера при уровне значимости $\alpha=0,05$. Расчётное значение критерия Фишера $F_{расч}=1,18$ не превышало допустимых значений $F_{0,05}=4,75$ ($1,18 \leq 4,75$) [102, 103]. Уравнение регрессии в натуральных значениях факторов получается заменой кодированных переменных в уравнении (4.11) их натуральными аналогами в соответствии с таблицей 3.9 по формулам (4.4), (4.5) имеет вид:

$$Y_{\text{обез}} = 1,1 - 0,76 \cdot \frac{(E_{\text{л}}-5)}{4} - 0,06 \cdot \frac{(E_{\text{л}}-5)}{4} \cdot \frac{(t_{\text{обр}} - 60)}{30}, \quad (4.12)$$

где $Y_{\text{обез}}$ - общее число микробных клеток на поверхности зерна, KOE/g ;

$E_{\text{л}}$ - энергетическая освещённость поверхности, $Вт/м^2$;

$t_{\text{обр}}$ - продолжительность облучения, с.

Полученная поверхность по влиянию натуральных значений энергетической освещённости УФ-облучения ($Вт/м^2$) и продолжительности УФ-облучения (с) на общее количество микробных клеток (KOE/g) на поверхности сои представлена на рисунке 4.7.

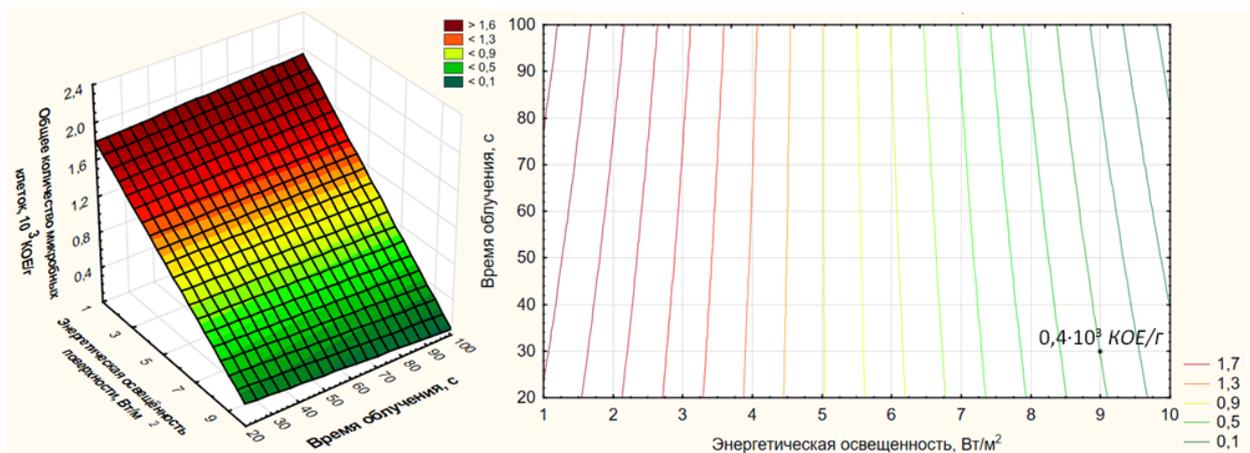


Рисунок 4.7 - Изменение общего числа микробных клеток на поверхности сои в зависимости от натуральных значений энергетической освещённости поверхности и продолжительности УФ-облучения

Снижение общей микробной обсеменённости на поверхности зерна, выраженная в процентном соотношении по сравнению с контрольным образцом представлена в таблице 4.9.

По экспериментальным данным в области изменения воздействующих факторов наблюдается тенденция снижения числа микробных клеток на поверхности сои после обработки с возрастанием уровня энергетической освещённости поверхности при УФ-облучении ($Вт/м^2$) и продолжительности УФ-облучения ($с$).

Таблица 4.9 – Снижение общей микробной обсеменённости

№ опыта	Значение факторов в натуральных единицах		Снижение общей микробной обсеменённости по сравнению с контролем, %	Доза УФ-облучения, $Дж/м^2$	Затраты энергии, $Дж / \%$
	X_1	X_2			
1	1	30	94,7	30	0,3
2	9	30	98,8	270	2,7
3	1	90	94,1	90	1,0
4	9	90	99,1	810	8,2
5	5	60	97,1	300	3,1

При этом наиболее значимым фактором выступает величина энергетической освещённости поверхности при УФ-облучении, что необходимо учитывать при выборе экспозиции для обеззараживания. Самая высокая эффективность ультрафиолетовой обработки отмечена на режиме с максимальной энергетической освещённостью поверхности и максимальным временем обработки.

С учётом рекомендованного режима для увеличения массы зерна при проращивании можно отметить, что при УФ-обработки сои с энергетической освещённостью $9 Вт/м^2$ с экспозицией облучения $30 с$ общая микробная обсеменённость на поверхности зерна будет на уровне $0,4 \cdot 10^3 КОЕ/г$, что свидетельствует о снижении числа микробных клеток по сравнению с контролем на $98,8\%$. Затраты энергии по отношению к проценту снижения патогенных микроорганизмов составляют $2,7 Дж/\%$.

Снижение общей микробной обсеменённости поверхности зерна особую значимость представляет при производстве поророженного зерна. Среди разнообразных микробиологических требований к качеству корма одним из основных показателей считают общее микробное число (ОМЧ). Согласно

проекту Таможенного регламента Евразийского экономического союза «О безопасности кормов и кормовых добавок» показатель ОМЧ для свиней, КРС, овец и коз, лошадей должно быть не более $5 \cdot 10^5$ КОЕ/г. В проведённых исследованиях удалось добиться значения ОМЧ $0,4 \cdot 10^3$ КОЕ/г. Достигнутый результат свидетельствует о высокой эффективности УФ-обработки.

4.7 Результаты исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на число дрожжей и плесени в сумме на поверхности зерна

Исследование зерна на число дрожжей и плесени в сумме проводилось в соответствии с методикой изложенной в п. 3.6.3.

Проведённые экспериментальные исследования были направлены на выявление взаимосвязи между параметрами УФ-обработки и эффективностью поверхностного обеззараживания зерна от дрожжей и плесени в сумме. В качестве объекта экспериментальных исследований использовалась соя сорта «Нежеголь». Режимы обработки с учётом величины энергетической освещённости поверхности при УФ-облучении и продолжительности облучения, а так же результаты микробиологических исследований на общее количество дрожжей и плесени на поверхности сои после обработки приведены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Снижение числа дрожжей и плесени в сумме

Номер опыта	Энергетическая освещённость поверхности при УФ-облучении, Вт/м ²	Продолжительность УФ-облучения, с	Дрожжи и плесень после обработки, КОЕ/г	НСР ₀₅
1	1	30	48	7,0
2	9	30	59	3,9
3	1	90	86	4,5
4	9	90	49	2,9
5	1	60	189	2,4
6	9	60	79	3,4
7	5	30	106	7,0
8	5	90	125	4,2
9	5	60	95	3,4
10	Контроль		108	4,9

На рисунке 4.8 представлен график снижения количества дрожжей и плесени в сумме (KOE/g) на поверхности сои после УФ-обработки.

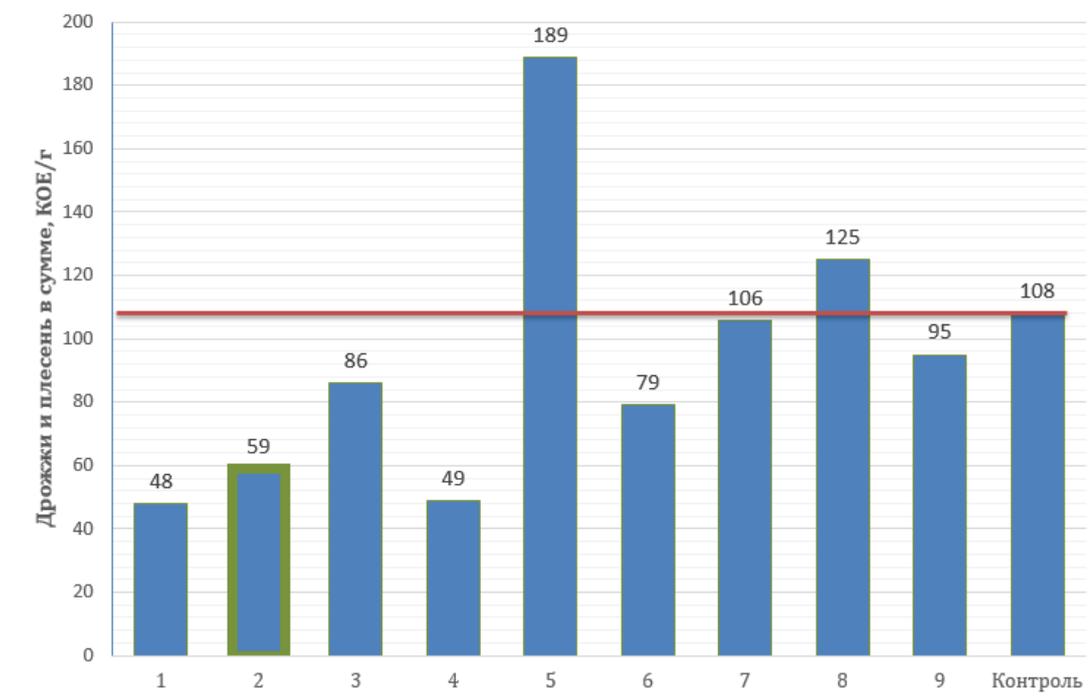


Рисунок 4.8 - Количества дрожжей и плесени в сумме

Снижение количества дрожжей и плесени в сумме (KOE/g) на поверхности зерна, выраженное в процентном соотношении по сравнению с контрольным образцом представлено в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Снижение количества дрожжей и плесени в сумме

№ опыта	Доза УФ-облучения, $Dж/м^2$	Дрожжи и плесень после обработки, KOE/g	Уменьшение дрожжей и плесени по сравнению с контролем, %	Затраты энергии, $Dж / \%$
1	30	48	55,6	0,5
2	270	59	45,4	5,9
3	90	86	20,4	4,4
4	810	49	54,6	14,8
5	60	189	+75,0	0,8
6	540	79	26,9	20,1
7	150	106	1,9	78,9
8	450	125	+15,7	28,7
9	300	95	12,0	25,0

В режимах обработки соответствующих опытам 5 и 8 наблюдается увеличение числа дрожжей и плесени по отношению к контрольному образцу на 75% и 15,7% соответственно, что можно обосновать спровоцированными у микроорганизмов взаимно противоположными реакциями. Одни виды микроорганизмов погибают, в то время как у других клеток стимулируется рост и развитие. Так как проведённые лабораторные исследования предполагали определение суммарного числа дрожжей и плесени после обработки, невозможно точно сказать какие виды микроорганизмов были угнетены, а какие начали интенсивно развиваться.

С учётом рекомендованного режима для увеличения массы витаминного корма при проращивании зерна можно отметить, что при УФ-обработки сои с энергетической освещённостью 9 Вт/м^2 с экспозицией облучения 30 с количества дрожжей и плесени в сумме на поверхности зерна будет на уровне 59 КОЕ/г , что свидетельствует о снижении по сравнению с контролем на 45,4%. Затраты энергии по отношению к проценту снижения дрожжей и плесени в сумме составляют $5,9 \text{ Дж/\%}$.

При обработке зерна для кормовых целей согласно проекту Таможенного регламента Евразийского экономического союза «О безопасности кормов и кормовых добавок» показатель общее число грибов (ОЧГ) для свиней, КРС, овец и коз, лошадей должно быть не более $5 \cdot 10^4 \text{ КОЕ/г}$. В проведённых исследованиях удалось добиться величины суммарного числа дрожжей и плесени до показателя 59 КОЕ/г . Достигнутый результат свидетельствует о высокой эффективности УФ-обработки.

Выводы по четвёртой главе

1. В результате экспериментальных исследований энергетической освещённости облучаемой поверхности от расстояния до источника ультрафиолетового излучения установлено, что для увеличения потока бактерицидного спектра УФ-С необходимо размещать лампу максимально близко к зоне обработки. Расхождения в результатах экспериментальных и

расчётных значений энергетической освещённости под центром лампы *Uniel ESL-PLL-36* не превышают 7%, что позволяет проводить расчёты с высокой достоверностью.

2. Результаты исследований влияния ультрафиолетовой обработки на конечную массу зерна после проращивания позволили установить, что прирост массы при проращивании будет зависеть как от значения энергетической освещённости поверхности, так и от времени УФ-обработки. Для практического применения рекомендуется режим обработки сои с энергетической освещённостью поверхности 9 Вт/м^2 и продолжительностью УФ-облучения 30 с. При этом прибавка массы составила 11,6 %, затраты энергии по отношению к проценту прибавки массы составит 23,3 Дж/%. С учётом полученного режима можно рекомендовать к использованию источник типа *Uniel-ESL-PLL-36*. В предложенной установке с параметрами: высота подвеса ультрафиолетовой лампы 0,1 м, ширина зоны обработки 0,2 м источник излучения типа *Uniel ESL-PLL-36* обеспечит энергетическую освещённость по всей ширине ленты не менее 9 Вт/м^2 .

3. В результате экспериментальных исследований режимов ультрафиолетовой обработки на длину ростков сои после проращивания установлено, что длина ростков имеет тенденцию к увеличению с ростом энергетической освещённости поверхности. С учётом рекомендованного режима для увеличения массы зерна величина длины ростков на пятые сутки после начала проращивания составила 115,9 мм (при 109,8 мм в контрольном образе). Увеличение длины ростка по сравнению с контролем составило 5,6%. Затраты энергии по отношению к проценту прибавки длины ростка при этом составят 48,2 Дж/%.

4. В результате экспериментальных исследований влияния ультрафиолетовой обработки на всхожесть установлено, что обработка зерна может значительно повысить показатели энергии прорастания и всхожести, что особенно важно для фуражного зерна с низкой всхожестью, при проращивании зерна это позволит уменьшить загнивание. При обработке в рекомендованном

режиме энергия прорастания сои составила 95%, что на 38% выше контрольного показателя, всхожесть составила 97% (при 58% в контрольном образе). Затраты энергии по отношению к проценту прибавки всхожести составляют 6,9 Дж/%.

5. Результаты экспериментальных исследований влияния ультрафиолетовой обработки с последующим проращиванием сои на состав микроэлементов позволил отметить прирост числа основных микроэлементов по сравнению с контролем, а именно: сырая зола 0,15%, сырой жир 2,93%, сырой протеин 2,92%, сырая клетчатка 1,87%, кальций 0,14%, фосфор 0,05%, калий 0,05%, натрий 1,13%, сахар 1,56%.

6. На основании результатов экспериментальных исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на микробную обсеменённость можно сделать заключение о снижении общего числа микробных клеток на поверхности сои по сравнению с контролем. При обработке в рекомендованном режиме общая микробная обсеменённость на поверхности зерна будет на уровне $0,4 \cdot 10^3$ КОЕ/г, что свидетельствует о снижении числа микробных клеток по сравнению с контролем на 98,8%. Затраты энергии по отношению к проценту снижения патогенных микроорганизмов составляют 2,7 Дж/%.

7. На основании экспериментальных исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки зерна на число дрожжей и плесени в сумме можно отметить снижение числа дрожжей и плесеней в сумме в 1,8 раза по сравнению с контролем. Количества дрожжей и плесени в сумме на поверхности зерна будет на уровне 59 КОЕ/г, что свидетельствует о снижении по сравнению с контролем на 45,4%. Затраты энергии по отношению к проценту снижения дрожжей и плесени в сумме составляют 5,9 Дж/%.

ГЛАВА 5. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

5.1 Предложения для производства по технологическим решениям ультрафиолетовой обработки перед проращиванием зерна

В технологическом процессе подготовки зерна перед проращиванием основная задача ультрафиолетовой обработки сводится к снижению общей микробной обсеменённости, числа дрожжей и плесени на поверхности и увеличению всхожести. Основные технологические этапы обработки будут схожими как для технологии УФ-обработки зерна перед проращиванием, так и для обработки семян перед посевом. Рассмотрим предлагаемую технологическую линию для проращивания и введения пророщенной сои в комбикорм. Схема технологической линии и рекомендуемые мероприятия при обработке зерна ультрафиолетовым излучением перед проращиванием представлены на первой схеме рисунка 5.1 [116].

Работа предлагаемой технологической линии заключается в следующем. На первом этапе производят загрузку бункера установки. Зерно подают из хранилища шнековым транспортёром. После загрузки бункера установка ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна готова к работе. Оператор настраивает скорость вращения ленты транспортёра, включает источники облучения и после подачи зерна из бункера на ленту транспортёра начинается процесс ультрафиолетовой обработки. В результате обработки происходит обеззараживание поверхности и стимуляция начальных ростковых процессов в зерне. Обработанное зерно перемещают до растильни шнековым транспортёром. Дальнейшая технологическая операция – проращивание. Процесс проращивания начинается с загрузки и размещения поддонов по ярусам в растильни.

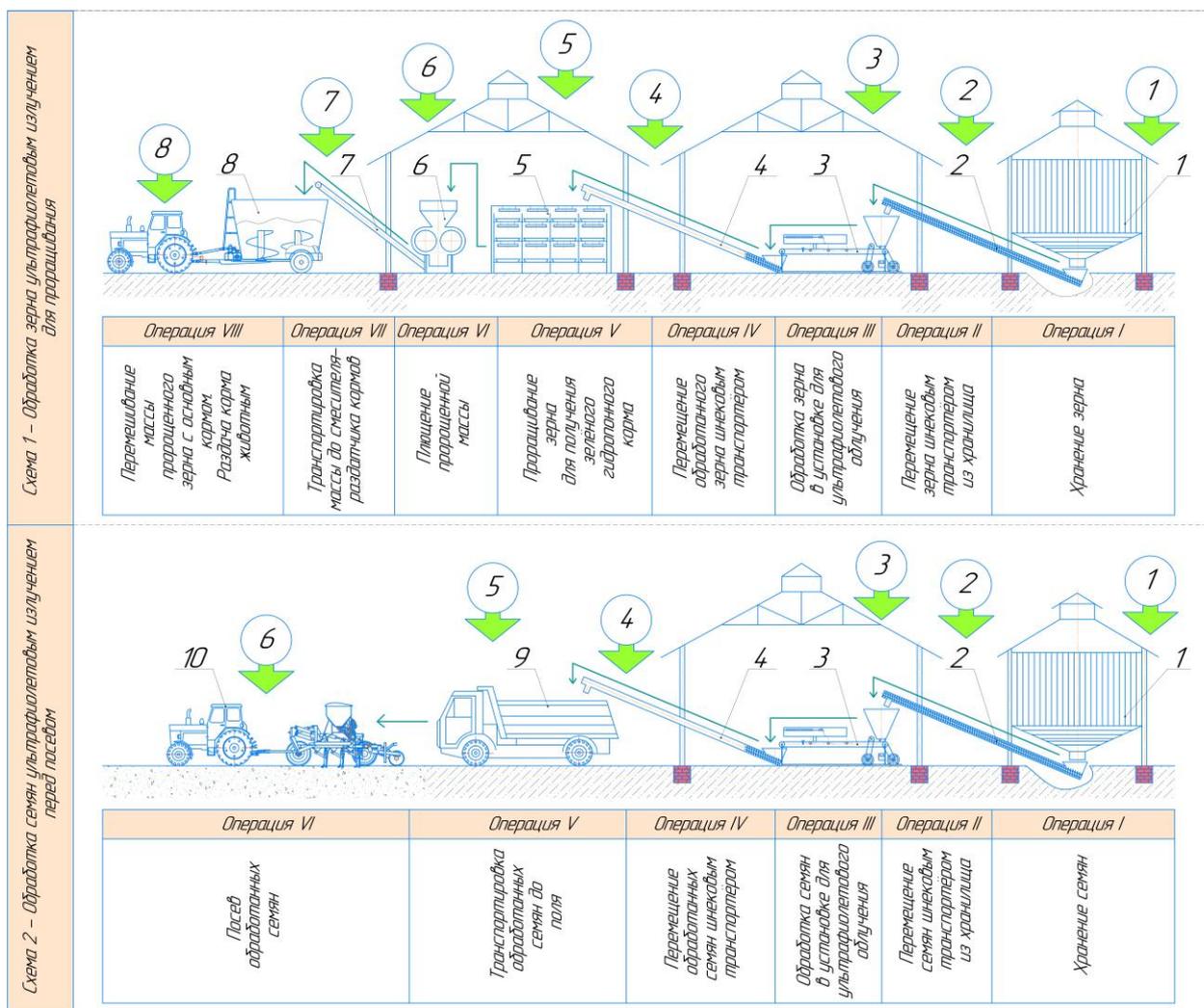


Рисунок 5.1 – Схема технологической линии

- 1– хранилище; 2,4 – шнековый транспортёр; 3 – установка ультрафиолетовой обработки зерна; 5- растильня для проращивания зерна; 6- плющилка; 7- ленточный транспортёр; 8- смеситель-раздатчик кормов; 9-автомобиль для транспортировки семян; 10- трактор с сеялкой

Растильня выполнена как модульная конструкция из блоков с тремя ярусами для проращивания зерна. Число модулей выбирается для каждого предприятия индивидуально с учётом объёмов производства. Для возможности непрерывного получения зелёных витаминных кормов зерно в модули для проращивания закладывают с перерывом в сутки. С учётом рекомендуемой технологии, общая продолжительность проращивания на зелёный витаминный корм составляет 5 суток. По истечении пятых суток пророщенное зерно в первом модуле будет готово к скармливанию, с разрывом в сутки будет готов зелёный витаминный корм из второго модуля и

т.д. После готовности зелёного корма поддоны освобождают от пророщенного зерна, промывают и заполняют новой партией зерна для проращивания. Для разрушения клеточных оболочек и повышения усвояемости корма пророщенное зерно расплющивают. Расплющенную массу перемещают в смеситель-раздатчик корма посредством ленточного транспортёра. В смесителе-раздатчике корма вся масса перемешивается с комбикормом. Для повышения витаминной ценности комбикорма пророщенное зерно добавляют в объёме 10-30% от суточного рациона животных.

Как отмечалось ранее, установка ленточного типа для УФ-обработки зерна может применяться для предпосевной обработки семян различных сельскохозяйственных культур. Схема технологической линии и рекомендуемые мероприятия при обработке семян ультрафиолетовым излучением перед посевом представлены на второй схеме рисунка 5.1. В предлагаемой технологии предпосевной обработки на первом этапе семена подают из хранилища в бункер при помощи шнекового транспортёра. После загрузки бункера установка ленточного типа для УФ-обработки зерна готова к работе. На ленте конвейера семена проходят УФ-обработку с учётом установленной дозы облучения. После ультрафиолетового облучения семена могут некоторое время оставаться на складе, либо сразу загружаются в транспортное средство. Загрузка обработанных семян в транспортное средство осуществляется с помощью шнекового транспортёра. После загрузки семена транспортируют до поля и перегружают в сеялку. Завершающая операция – это посев.

5.2 Технико-экономический анализ эффективности применения установки ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием

Разработка новых технических средств, в частности устройств для обработки зерна перед проращиванием, требует экономического обоснования целесообразности их внедрения в производство. Критерием оценки нового

устройства является экономический эффект. При проведении экономических расчётов для возможности сопоставления полученных результатов с результатами оценки существующих технологий применяют известные методики [1, 3].

Предлагается рассмотреть технико-экономическую эффективность установки ультрафиолетовой обработки зерна согласно патента [80]. Экономическую эффективность использования разработанной установки сравним с применяемой технологией, основанной на использовании химического обеззараживания зерна перед проращиванием. Проведём расчёты на основании известных методик [117, 118]. Методика расчёта представлена ниже.

На сборку экспериментального образца установки ультрафиолетовой обработки зерна потребуется затрата материальных ресурсов. Капитальные вложения будут включать стоимость оборудования и монтажных работ. Для определения капиталовложений воспользуемся выражением:

$$K = K_y + K_m + K_t, \quad (4.1)$$

где K_y – стоимость оборудования, руб.;

K_m – затраты на монтаж нового оборудования, руб.;

K_t – транспортные расходы, руб.

Для определения суточных эксплуатационных затрат воспользуемся выражением:

$$\mathcal{E} = C_3 + B + A + P + ЗП + C_3, \quad (4.2)$$

где C_3 – затраты электроэнергии, руб.;

A – отчисления на амортизацию оборудования, руб.;

B – затраты на воду для увлажнения зерна, руб.;

P – отчисления на ремонт оборудования, руб.;

$ЗП$ – заработная плата рабочим, занятым на обслуживании оборудования, руб.;

C_3 – стоимость зерна, руб.

Для определения суточной потребности в обработанном зерне воспользуемся выражением:

$$G_1 = G_{\Pi} \cdot n, \quad (4.3)$$

где G_{Π} – масса зерна для проращивания, закладываемая на одну голову КРС, кг;

n – число голов КРС.

Время работы установки ультрафиолетовой обработки зерна определим по выражению:

$$T_{\text{Д}} = \frac{G_1}{W_{\text{Д}}}, \quad (4.4)$$

где $W_{\text{Д}}$ – производительность установки, кг/ч.

Затраты электроэнергии для работы установки ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна определим по выражению:

$$C_{\text{э}} = M_{\text{дв}} \cdot T_{\text{др}} \cdot C_{\text{эл}}, \quad (4.5)$$

где $M_{\text{дв}}$ – мощность электродвигателя и УФ-лампы, кВт;

$T_{\text{др}}$ – продолжительность работы при обработке зерна, час;

$C_{\text{эл}}$ – стоимость электроэнергии, руб./кВт-ч.

Амортизационные затраты определим по выражению:

$$A = \frac{B_c \cdot H_a}{100} \cdot \frac{T_0}{T_{\Gamma}}, \quad (4.6)$$

где H_a – норма отчислений на амортизацию, %;

B_c – балансовая стоимость установки, руб.;

T_0 – время работы установки на операции, ч;

T_{Γ} – годовая загрузка агрегата, ч.

Затраты на ремонт установки определим по выражению:

$$P = \frac{B_c \cdot H_p}{100 \cdot T_i} \cdot \frac{G_{\text{СУТ ОБ}}}{W_c}, \quad (4.7)$$

где B_c – балансовая стоимость машины, руб.;

H_p – норма отчислений на ремонт оборудования, %;

T_i – годовая загрузка агрегата, ч;

W_c – производительность агрегата за 1 час сменного времени, кг/ч;

$G_{СУТ ОБ}$ - суточная загрузка оборудования, кг.

Часовую ставку оператора определим по формуле:

$$\tau = \frac{ЗП_{\min} \cdot k_{\text{тар}} \cdot k_0}{H_t}, \quad (4.8)$$

где $ЗП_{\min}$ – минимальный размер оплаты труда, руб.;

$k_{\text{тар}}$ – тарифный коэффициент по оплате труда;

k_0 – отраслевой повышающий коэффициент;

H_t – месячный часовой фонд рабочего времени.

Фонд оплаты труда составит:

$$ЗП_{1,2\text{тар}} = \tau_{1,2\text{мс}} \cdot T_0, \quad (4.9)$$

где T_0 – время работы на данной операции, ч.

Определим затраты на оплату труда:

$$ЗП = Ч_i \cdot ЗП_{\text{тар}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (4.10)$$

где $Ч_i$ – количество обслуживающего персонала, чел.;

K_1 – коэффициент, учитывающий доплаты за продукцию;

K_2 – коэффициент, учитывающий доплаты за стаж работы;

K_3 – коэффициент, учитывающий оплату отпуска;

K_4 – начисления на заработную плату.

Суточная экономия эксплуатационных затрат при использовании установки ленточного типа для УФ-обработки зерна:

$$\mathcal{E}_3 = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2, \quad (4.11)$$

где \mathcal{E}_1 – суточные эксплуатационные затраты при химической обработке зерна, руб.;

\mathcal{E}_2 – суточные эксплуатационные затраты при использовании установки ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна, руб.;

Годовой экономический эффект составит:

$$\mathcal{E}_Г = T_2 \cdot (\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2), \quad (4.12)$$

где T_2 – время работы установки за год, сут;

\mathcal{E}_1 – эксплуатационные затраты на химическую обработку зерна;

\mathcal{E}_2 – эксплуатационные затраты при работе установки ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна.

Подставляем полученные значения в начальную формулу и определяем суточные эксплуатационные затраты в первом и во втором случаях.

Для определения суточных эксплуатационных затрат при работе предложенной установки ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием подставим полученные значения в формулу (4.1).

Срок окупаемости предложенной установки ультрафиолетовой обработки зерна рассчитаем по формуле:

$$T = \frac{K}{\mathcal{E}_r}, \quad (4.13)$$

Удельные эксплуатационные затраты на обработку 1 кг зерна определим по выражению:

$$\mathcal{E}_y = \frac{\mathcal{E}}{G_1}, \quad (4.14)$$

где \mathcal{E} – суточные эксплуатационные затраты при работе установки, руб./сут.;

Для проведения расчётов в таблице 5.1 представлены исходные данные.

Таблица 5.1 – Смета затрат на установку ультрафиолетовой обработки зерна

Показатель	Количество, шт.	Цена, руб.	Итого, руб.
Мотор-редуктор 0,12 кВт	1	14340	14340
Частотный преобразователь	1	21000	21000
Лента конвейерная	1	3140	3140
Барaban приводной для ленточного конвейера	1	6400	6400
Барaban натяжной для ленточного конвейера	1	4800	4800
Профиль стальной прямоугольный для рамы	1	2600	2600
Патрон и крепеж для лампы	2	350	700
Лампа ультрафиолетовая бактерицидная. Спектр UVC 253,7 нм. ESL-PLL-36-UVCB-2G11-CL 36 Вт	2	544	1088

Продолжение таблицы 5.1

Показатель	Количество, <i>шт.</i>	Цена, <i>руб.</i>	Итого, <i>руб.</i>
Кабель NYM 3x2,5	1	710	710
Автоматический выключатель	2	870	1740
Рефлектор держатель отражатель для лампы	2	880	1760
Мотор редуктор 220 В 15 Вт, с регулятором оборотов	1	7500	7500
Бункер для семян	1	2100	2100
Щётка	1	480	480
Заслонка	1	650	650
ПРА для УФ-лампы	2	1300	2600
Затраты на монтаж	-	-	12000
Транспортные расходы	-	-	4400
Всего:	-	-	88008

Калькуляция для производства пророщенного зерна

Вводные данные:

- Производительность установки – 83 кг/ч.
- Обслуживающий персонал – 1 чел./смена.
- Установленная электрическая мощность 0,2 кВт.
- Расчёт на поголовье 100 голов КРС.
- Потребности в пророщенном зерне – не менее 10% от суточного рациона.

Для обеспечения непрерывного получения пророщенного зерна ежедневно необходимо закладывать на проращивание не менее 2 кг сырья на одну голову дойного стада.

Проведём расчёт затрат с использованием химических методов обеззараживания зерна перед проращиванием. Для химической обработки зерна применяют раствор перманганата калия. Расчёт затрат при химическом обеззараживании представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Расчёт затрат при химическом обеззараживании зерна

Наименование расходов	Ед. изм.	Условное обозначение	Показатели
Суточная потребность в обработанном зерне (соя).	кг	G_1	200
Суточные затраты на зерно для проращивания	руб.	C_3	8000
Суточные амортизационные затраты	руб.	A	22
Суточные затраты на ремонт оборудования	руб.	P	8
Суточные затраты на электроэнергию при проращивании	руб.	$C_э$	68
Суточные затраты на воду для проращивания	руб.	$C_в$	80
Суточные затраты на химическую обработку	руб.	C_x	160
Суточные затраты на оплату труда	руб.	$Зп$	1100
Суточные эксплуатационные затраты	руб.	$Э_1$	9438

Результаты исследований влияния режимов ультрафиолетовой обработки на конечную массу витаминного корма после проращивания представленные в п. 4.2 свидетельствуют о прибавке массы зелёного витаминного корма при проращивании на 11,6 % по сравнению с контролем. С учётом получаемой прибавки при ультрафиолетовой обработке зерна для обеспечения рекомендуемой суточной нормы пророщенного зерна в расчёте 10% от общего объёма рациона нам потребуется подготовить и обработать меньшее количество сырья. Проведём расчет с учётом проращивания зерна в осенне-зимний период, когда животные особенно остро испытывают недостаток в зелёных витаминных кормах (время работы установки за год T_2 принимаем 210 дней). Подробный расчёт представлен в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Расчёт затрат для ультрафиолетовой обработки зерна при проращивании на витаминный корм

Наименование расходов	Ед. изм.	Условное обозначение	Показатели
Суточная потребность в обработанном зерне (соя).	кг	G_1	180
Суточные затраты на зерно для проращивания	руб.	C_3	7200
Время работы установки в сутки	ч	$T_д$	2,2
Суточные затраты электроэнергии на ультрафиолетовую обработку зерна	руб.	$C_{э,з}$	2,2
Суточные затраты на электроэнергию при проращивании	руб.	$C_э$	68
Суточные амортизационные затраты	руб.	A	25
Суточные затраты на ремонт оборудования	руб.	P	10
Суточные затраты на воду для проращивания	руб.	$C_в$	60
Суточные затраты на оплату труда	руб.	$З_п$	1100
Суточные эксплуатационные затраты	руб.	$Э_2$	8465
Суточная экономия эксплуатационных затрат	руб.	$Э_3$	973
Годовой экономический эффект	руб.	$Э_Г$	204330
Срок окупаемости	года	T	0,4

Зависимость удельных эксплуатационных затрат от производительности установки ультрафиолетовой обработки зерна представлена на рисунке 5.2.

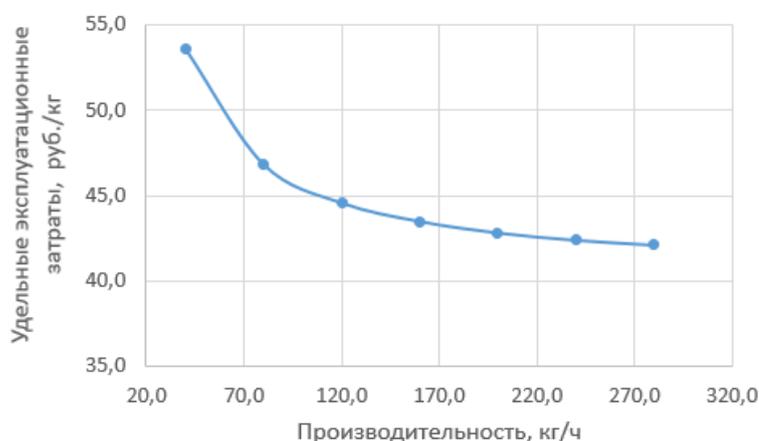


Рисунок 5.2 - Зависимость удельных эксплуатационных затрат от производительности установки

При производительности предложенной установки ультрафиолетовой обработки зерна 83 кг/ч удельные эксплуатационные затраты составят 47 руб./кг. С повышением производительности установки для ультрафиолетовой обработки зерна до 240 кг/ч удельные эксплуатационные затраты снизятся до 42 руб./кг.

Выводы по пятой главе

Предложена технологическая линия для ультрафиолетовой обработки зерна, проращивания и последующего введения в комбикорм.

В результате проведённых расчётов установлено, что в предложенной установке ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием с часовой производительностью 83 кг/ч (сменная производительность 0,66 т/смену), затраты на обработку зерна составят 47 руб./кг. Сравнение ультрафиолетовой обработки и химического способа обеззараживания зерна перед проращиванием подтвердило преимущества предлагаемого способа. Годовой экономический эффект при проращивании зерна в осенне-зимний период составит 204330 руб. Срок окупаемости предложенной установки 0,4 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ существующих способов обработки зерна перед проращиванием, технических средств и конструкций устройств для ультрафиолетовой обработки зерна, показал целесообразность разработки конструктивно-технологической схемы установки, обеспечивающей равномерность и поточность обработки зерна перед проращиванием на витаминный корм.

2. Разработанная конструкция включает ленточный транспортёр с двумя линейными источниками ультрафиолетового облучения и отражателями, щётку для перемешивания слоя зерна, частотный преобразователь для управления скоростью ленты, накопительный бункер и раму. Производительность установки 83 кг/ч, суммарная мощность ультрафиолетовых ламп 72 Вт (2x36 Вт), масса 46 кг.

3. Разработана математическая модель для оценки распределения энергетической освещённости от линейного источника облучения на обрабатываемой поверхности. На основе численных расчётов и моделирования получена расчётная поверхность и номограмма для определения рабочих зон под излучателем, обеспечивающих гарантированную энергетическую освещённость.

4. При выборе источника ультрафиолетового излучения установлено, что независимо от размеров, для увеличения потока бактерицидного спектра УФ-С необходимо размещать лампу максимально близко к зоне обработки. В предложенной установке с параметрами: высота подвеса ультрафиолетовой лампы 0,1 м, ширина зоны обработки 0,2 м, длина зоны обработки 1,2 м, источник излучения типа *Uniel ESL-PLL-36*, обеспечит энергетическую освещённость по всей ширине ленты не менее 9 Вт/м². Расхождения в результатах экспериментальных и расчётных значений энергетической освещённости под центром лампы *Uniel ESL-PLL-36* не превышает 7%, что позволяет проводить расчёты с высокой достоверностью.

Получены регрессионные зависимости, учитывающие влияние режимов работы установки на массу пророщенного витаминного корма, длину ростков при проращивании, всхожесть и общую микробную обсеменённость на поверхности зерна. Регрессионные зависимости справедливы в диапазоне воздействующих факторов с энергетической освещённостью от 1 до 9 $Вт/м^2$ и продолжительностью обработки от 30 до 90 с.

Прибавка массы пророщенного витаминного корма определена как наиболее важный показатель, по которому выбраны рекомендуемые режимы обработки сои с энергетической освещённостью поверхности 9 $Вт/м^2$ и продолжительностью облучения 30 с. С учётом полученных регрессионных зависимостей обработка в данных режимах позволила добиться:

- прибавки массы пророщенной сои на 11,6 %, затраты энергии по отношению к проценту прибавки массы составили 23,3 $Дж/%$;

- увеличение длины ростков по сравнению с контролем на 5,6%. Затраты энергии по отношению к проценту прибавки длины ростка 48,2 $Дж/%$;

- повышение всхожести до 97% (прирост на 39%). Затраты энергии по отношению к проценту прибавки всхожести 6,9 $Дж/%$;

- снижение общего числа микробных клеток на поверхности зерна на 98,8% до уровня $0,4 \cdot 10^3$ $КОЕ/г$. Затраты энергии по отношению к проценту снижения патогенных микроорганизмов 2,7 $Дж/%$.

При обработке сои в рекомендованных режимах с энергетической освещённостью поверхности 9 $Вт/м^2$ и продолжительностью облучения 30 с отмечается снижение числа дрожжей и плесени на поверхности зерна на 45,4% до уровня 59 $КОЕ/г$. Затраты энергии по отношению к проценту снижения дрожжей и плесени в сумме составляют 5,9 $Дж/%$.

Дальнейшее проращивание на витаминный корм в течение пяти суток позволило отметить прирост числа основных микроэлементов по сравнению с контролем, а именно: сырая зола 0,15%, сырой жир 2,93%, сырой протеин 2,92%, сырая клетчатка 1,87%, кальций 0,14%, фосфор 0,05%, калий 0,05%, натрий 1,13%, сахар 1,56%.

5. В разработанной установке ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием производительностью 83 кг/ч затраты на обработку зерна составят 47 руб./кг. Годовой экономический эффект при проращивании зерна в осенне-зимний период составит 204330 руб. Срок окупаемости предложенной установки 0,4 года.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы

1. Полученные результаты могут быть использованы при разработке или модернизации установок для ультрафиолетовой обработки зерна. Результаты научных исследований могут быть использованы в конструкторских бюро предприятий сельскохозяйственного машиностроения при разработке установок ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна.

2. Перспективы настоящей работы заключаются в том, что предложенная конструкция установки может использоваться для обеззараживания фуражного зерна различных сельскохозяйственных культур. Конструктивные особенности установки позволяют настраивать все технические параметры и обеспечивать режимы обработки с учётом биологических особенностей культур.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

УФ	Ультрафиолетовое
АПК	Агропромышленный комплекс
УФИ	Ультрафиолетовое излучение
ЭХА	Электрохимически активированная
СВЧ	Сверхвысокочастотные
ИК	Инфракрасное
НПО	Научно-производственное объединение
АТФ	Аденозинтрифосфат
ДНК	Дезоксирибонуклеиновая кислота
РНК	Рибонуклеиновая кислота
РТ	Радиационные технологии
РЛНД	Ртутная лампа низкого давления
РЛВД	Ртутная лампа высокого давления
LED	Светодиодная лампа
ПРА	Пускорегулирующая аппаратура
ЭПРА	Электронный пускорегулирующий аппарат
КПД	Коэффициент полезного действия
ОМЧ	Общее микробное число
ОЧГ	Общее число грибов
КРС	Крупный рогатый скот
ЭВМ	Электронная вычислительная машина
БЭВ	Безазотистые экстрактивные вещества
КПД	Коэффициент полезного действия

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пономарев, А.Ф. Свиноводство и технология производства свинины / А.Ф. Пономарев, Г.С. Походня, Г.В. Ескин. – Белгород: Крестьянское дело, 2001. – 492 с.
2. Летунович, Е.В. Показатели рубцового пищеварения, переваримости и использования питательных веществ при скармливани бычкам кормов с разной расщепляемостью протеина / Е.В. Летунович, Н.А. Яцко, В.Ф. Радчиков, В.К. Гурин // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – №6. – С. 28-34.
3. Николаева, М.Г. Справочник по проращиванию покоящихся семян / М.Г. Николаева, М.В. Разумова, В.Н. Гладкова. - Отв. ред. М. Ф. Данилова. – Л.: Наука : Ленинград, 1985. – 348 с.
4. Цугленок, Н.В. Система защиты зерновых и зернобобовых культур от семенных инфекций / Н.В. Цугленок, Г.И. Цугленок, А.П. Халанская. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2003. – 243 с.
5. Пятков, И.Ф. Предпосевная обработка семян зерновых культур / И.Ф. Пятков. – Новосибирск: Методические указания, 1977. – 23 с.
6. Карасенко, В.А. Электротехнология / В.А. Карасенко, Е.М. Заяц, А.Н. Баран, В.С. Корко. – Москва: Колос, 1992. – 304 с.
7. Вендин, С.В. Теория и математические методы анализа тепловых процессов при СВЧ-обработке семян: монография / С.В. Вендин. – М.; Белгород: «Центральный коллектор библиотек «БИБКОМ», 2016. –143 с.
8. Багманов, Р.Т. Качественная подготовка семян - гарантия будущего урожая / Р.Т. Багманов // Защита и карантин растений. – 2015. – №8. – С. 13–14.
9. Цык, В.В. Активное вентилирование зерна и семян / В.В. Цык. - Лекция. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2006. – 24 с.
10. Кузнецов, А.В. Теоретическое обоснование режимов работы устройства для барботирования семян / А.В. Кузнецов // Вестник

Мичуринского государственного аграрного университета. – 2011. – №2. – С.32–36.

11. Брижанский, Л.В. Обоснование параметров стратификации дражированных семян сахарной свёклы низкоинтенсивным лазерным излучением: дисс. канд. техн. наук: 05.20.02 / Брижанский Леопольд Викторович. – Мичуринск, 2015. – 261с.

12. Лысак, В.И. Исследование возможностей применения предпосевной обработки семян огурца импульсным давлением для повышения урожайности растений / В.И. Лысак // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 4. – С. 70–73.

13. Князькина, К.С. Способ скарификации семян многолетних бобовых трав и теоретические исследования рабочих органов скарификатора семян / К.С. Князькина, С.А. Кшникаткин // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства сборник статей II Международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 27–32.

14. Пересыпкин, В.Ф. Система мероприятий против болезней, вредителей и сорняков / В.Ф. Пересыпкин // Проблемы защиты растений от вредителей, болезней и сорняков. М.: Колос. – 1979. – С. 79–84.

15. Пилавов, Ш.Г. Влияние предпосевной обработки семян пшеницы микроэлементами на рост и развитие проростков / Ш.Г. Пилавов, А.К. Пивовар, М.П. Бабурченкова, Н.В. Баукова // Научный вестник государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики «Луганский национальный аграрный университет». – 2019. – №6. – 2. – С. 221–230.

16. Егоршина, А.А. Участие фитогормонов в формировании взаимоотношений проростков пшеницы с эндофитным штаммом *BACILLUS SUBTILIS* 11ВМ / А.А. Егоршина, Р.М. Хайруллин, А.Р. Сахабутдинова, М.А. Лукьянцев // Физиология растений. – 2012. – № 1. – С. 148–154.

17. Овчаров, К.Е. Химическая обработка семян и ее применение в растениеводстве / К.Е. Овчаров, М.И. Штильман // Успехи химии. – 1974. – № 7. – С. 1282–1316.
18. Муромцев, Г.С. Регуляторы роста растений / Г.С. Муромцев. – Москва: Колос, 1979. – 246 с.
19. Белицкая, М.Н. Электроактивированная вода: возможности использования в растениеводстве / М.Н. Белицкая, Е.Э. Нефедьева, И.Г. Шайхиев, // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – № 24. – С. 124–128.
20. Шамгунов, И.И. Исследование влияния предпосевного СВЧ воздействия на морфологические показатели прорастающих семян яровой пшеницы / И.И. Шамгунов, А.В. Степура // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 2. – С. 85.
21. Федотов, В.А. Технология предпосевной обработки семян пшеницы электротепловым излучением: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Федотов Виктор Анатольевич. – Красноярск, 2013. – 21 с.
22. Луценко, А.М. Обработка семян ультразвуком и урожай / А.М. Луценко // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1974. – № 1. – С. 128–130.
23. Хасанова, В.М. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы в электрическом поле постоянного тока / В.М. Хасанова // Электронная обработка материала. – 1972. – 4. – С. 38–40.
24. Долговых, О.Г. Оптимизация лазерной обработки семян зерновых культур: монография / О.Г. Долговых. – Ижевск: Изд-во Ижевской ГСХА, 2014. – 124 с.
25. Котляр, Н.М. Лазер повышает продуктивность ячменя / Н.М. Котляр // Зерновое хозяйство. – 1983. – С. 33.
26. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности / Г.В. Козьмина, С.А. Гераськина, Н.И. Санжаровой. – Обнинск-Москва: ИНФОРМПОЛИГРАФ, 2015. – 400 с.

27. Гаврилова, А.А. Озонирование как физический метод повышения способности семян к прорастанию / А.А. Гаврилова, О.А. Шарабаева, Г.Ю. Ткаченко, А.В. Чурмасов // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – №2. – С. 21–23.

28. Рогожин, Ю.В. Технология предпосевного УФ-облучения зерна пшеницы / Ю.В. Рогожин, В.В. Рогожин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – №6. – С. 9–14.

29. Филиппова, Н.П. Антиоксидантная активность проростков после ультрафиолетового облучения семян пшеницы / Н.П. Филиппова, В.В. Рогожин // Наука и образование: научный и общественно-политический журнал. – 1997. – № 4. – С. 91–97.

30. Филиппова, Н.П. Влияние ультрафиолетового облучения на активность оксидоредуктаз зерен пшеницы / Н.П. Филиппова, В.В. Рогожин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 1997. – № 3. – С. 116–131.

31. Ракутько, С.А. Влияние дозы УФ-С облучения на развитие ювенильных растений перца (*Capsicum Annuum* L.) / С.А. Ракутько, А.П. Мишанов, А.Е. Маркова [и др.] // АгроЭкоИнженерия. – 2022. – № 1(110). – С. 3-19.

32. Ходаренко, Л.Л. Влияние различных доз ультрафиолетового облучения семян огурцов на формирование фотосинтетического аппарата / Л.Л. Ходаренко. – Минск, 1976. – 39 с.

33. Дубров, А.П. Генетические и физиологические действия ультрафиолетовой радиации на высшие растения. Применение оптического излучения в растениеводстве / А.П. Дубров. – М.: Колос, 1976. – 115 с.

34. Курочкина, О.А. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы ультрафиолетовыми лучами: дисс. канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Курочкина Ольга Андреевна. – Курган, 2009. – 124 с.

35. Жданова, Э.Б. Действие ультрафиолетовых лучей на сапрофитную и фитопатогенную микрофлору семян озимой ржи / Доклады ТСХА, – 1964. – № 98.

36. Юрченко, А.Н. Микроэлементы и ультрафиолетовые лучи на службе урожая / А.Н. Юрченко // Земледелие. – 1960. – №3. – С. 89–90.

37. Гордеев, А.М. Агробиофизика. Учебное пособие / А.М. Гордеев, О.А. Шарабаева, Г.Ю. Ткаченко, А.В. Чурмасов. – Смоленск: ФГОУ ВПО «Смоленский сельскохозяйственный институт», 2004, – 116 с.

38. Вассерман, А.Л. Применение ультрафиолетового излучения для обеззараживания воздуха / А.Л. Вассерман // Светотехника. – 2004. – № 1. – С. 46–47.

39. Васильев, А.И. Анализ современных промышленных источников бактерицидного ультрафиолетового излучения / А.И. Васильев, А.В. Красночуб, М.Е. Кузьменко // Светотехника. – 2004. – № 6. – С. 42–45.

40. Патент № 2602207 С1 Российская Федерация, МПК А23L 3/54. Способ обеззараживания сыпучих материалов и устройство для его реализации : № 2015131324/13 : заявл. 08.07.2015 : опубл. 10.11.2016 / А.В. Герасимов, Ю.С. Веселов, Н.М. Петров, Е.И. Шитников, А.И. Безлепкин, А.Ю. Волков, А.В. Шаллаь, В.П. Фоканов, Р.А. Сахаров.

41. Патент № 2537500 С2 Российская Федерация, МПК А23В 9/06. Устройство по ультрафиолетовому облучению материалов : № 2012133417/13 : заявл. 03.08.2012 : опубл. 10.02.2014 / Х.С. Хасаев, С.С. Хасаев, Т.Х. Кабалоев.

42. Патент № 2157650 С1 Российская Федерация, МПК А23L 3/54, А23N 17/00. Установка для обработки сыпучих продуктов облучением : №99112216/13, заявл. 07.06.1999 : опубл. 20.10.2000 / В.М. Кулюкин, Е.В. Доброзракова, О.В. Кулюкин, В.А. Рязанов.

43. Патент № 2228120 С2 Российская Федерация, МПК А23L 3/54, А61L 2/10. Установка для обработки сыпучих продуктов ультрафиолетовым облучением : № 2002120538/12 : заявл. 02.08.2002 : опубл. 10.05.2004 / В.А. Демидов, А.В. Красночуб.

44. Патент № 2279806 С2 Российская Федерация, МПК А23В 9/06, А23L 3/54. Способ обеззараживания сыпучих продуктов и устройство для его осуществления : № 2004116184/13 : заявл. 27.05.2004 : опубл. 20.11.2005 / В.П. Архипов, В.И. Базиков, А.С. Камруков, Н.П. Козлов, А.И. Крылов, С.Г. Шашковский, М.С. Ялович.

45. Патент № 2124299 С1 Российская Федерация, МПК А23L 1/025. Установки для обработки сыпучих продуктов облучением : № 97119021/13 : заявл. 04.11.1997 : опубл. 10.01.1999 / Г.С. Зелинский, Э.Е. Шевченко, Н.Н. Новиков, Л.Г. Приезжаева, А.Ф. Шухнов, Н.В. Карягин, В.И. Затолокин.

46. Патент №2 475010 С2 Российская Федерация, МПК А01С 1/00. Устройство для предпосевной обработки крупных семян : № 2011117231/13 : заявл. 28.04.2011 : опубл. 20.02.2013 / В.Н. Карпов, Р.З. Юлдашев, Н.В. Карпов, З.Ш. Юлдашев.

47. Патент № 2537919 С2 Российская Федерация, МПК А01С 1/00. Способ предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур : № 2013100424/13 : заявл. 09.01.2013 : опубл. 10.01.2015 / В.А. Федотов, И.В. Алтухов, В.Д. Очеров.

48. Maftci, N.A. Pulsed light inactivation of naturally occurring moulds on wheat grain / N.A. Maftci, A.Y. Ramos-Villarroel, A.I. Nicolau // Journal of the Science of Food and Agriculture, – 2014. – V. 94. – Issue 4. – P. 721–726.

49. Патент № 2318305 С2 Российская Федерация, МПК А01С 1/00. Способ предпосевной обработки семян пшеницы : № 2006116002/13 : заявл. 10.05.2006 : опубл. 10.03.2008 / В.А. Савельев, О.А. Курочкина.

50. Патент № 2282340 С2 Российская Федерация, МПК А01С 1/00, А23L 3/26. Облучательная камера : № 2004134983/12 : заявл. 30.11.2004 : опубл. 27.08.2006 / П.П. Долгих, Н.В. Кулаков, Е.В. Лоц.

51. Патент № 2290775 С1 Российская Федерация, МПК А01С 1/00, А23L 3/26. Устройство для предпосевной обработки семян : № 2005123594/13 : заявл. 25.07.2005 : опубл. 10.01.2007 / И.А. Потапенко, А.В. Богдан, Р.А. Амерханов, И.Г. Стрижков, Е.А. Ададунов, П.М. Харченко, А.В. Винников, К.А. Гарькавый, А.И. Чернышев.

52. Патент № 2589781 С2 Российская Федерация, МПК В07В 13/02, А01С 1/00. Триер с УФ излучателем : № 2014138672/03 : заявл. 24.09.2014 : опубл. 10.04.2016 / Т.Н. Стерхова, Н.П. Кондратьева, П.Д. Корнаухов, М.Г. Кондратьева.

53. Патент № 38540 U1 Российская Федерация, МПК А23L 3/54. Установка для обработки сыпучих продуктов облучением : № 2002120537/20 : заявл. 02.08.2002 : опубл. 10.07.2004 / Д.А. Демидов, А.В. Красночуб.

54. Патент № 54714 U1 Российская Федерация, МПК А01С 1/00. Устройство для предпосевной обработки семян : № 2006105078/22 : заявл. 17.02.2006 : опубл. 27.07.2006 / И.Р. Владыкин, Н.П. Кондратьева.

55. Патент № 2551154 С2 Российская Федерация, МПК А01С 1/00. Устройство для облучения семян : № 2012133404/13 : заявл. 03.08.2012 : опубл. 20.05.2015 / Т.Р. Бароев, С.А. Бекузарова, Ю.Е. Тадтаев, З.У. Тедеева.

56. Патент SU1063304 А1, МПК А01С 1/00. Устройство для предпосевной обработки семян : № 3498163 : заявл. 06.10.1982 : опубл. 30.12.1983 / В.А. Савельев.

57. Патент SU1517788 А1, МПК А01С 1/00. Устройство для обработки семян : № 4223263 : заявл. 06.04.1987 : опубл. 30.10.1989 / В.А. Савельев.

58. Патент SU1558318 А1, МПК А01С 1/00, В65G 47/22. Устройство для перемещения и обработки продукта ультрафиолетовыми лучами : №4377770 : заявл. 16.02.1988 : опубл. 23.04.1990 / Н.И. Бохан, Г.Ю. Дробышев, Л.Ю. Цвирко, Ю.В. Дробышев.

59. Патент SU1240374 А1, МПК А01С 1/00. Устройство для предпосевной обработки семян : № 3825371 : заявл. 06.11.1984 : опубл. 30.06.1986 / В.А. Савельев.

60. Патент SU1732917 А1, МПК А23L 3/26. Устройство для обработки сыпучих материалов : № 4686773 : заявл. 06.05.1989 : опубл. 15.05.1992 / В.И. Круглик, Е.А. Мешков.

61. Рогожин, Ю.В. Технология предпосевого УФ-облучения зерна пшеницы / Ю.В. Рогожин, В.В. Рогожин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2013. – №6. – С. 9–14.

62. Патент № 2084100 С1 Российская Федерация, МПК А01С 1/00. Способ предпосевной обработки семян : № 93028502/13 : заявл. 26.05.1993 : опубл. 20.07.1997 / С.С. Есиев.

63. Патент № 2094971 С1 Российская Федерация, МПК А01С 1/00, А01С 1/06. Способ предпосевной обработки семян : № 93010584/13 : заявл. 01.03.1993 : опубл. 10.11.1997 / В.А. Савельев.

64. Патент № 2218692 С1 Российская Федерация, МПК А01С 1/00. Способ предпосевной обработки семян зерновых, зернобобовых, крупяных, масличных и зернокармливых культур : № 2002107412/12 : заявл. 26.03.2002 : опубл. 20.12.2003 / Б.М. Кизяев, А.М. Салдаев, В.В. Бородычев.

65. Патент CN211630789U CN, МПК А01С1 / 08, В08В9 / 093. Crop seed disinfection device : CN202020045070U : заявл. 09.01.2020 : опубл. 09.10.2020 / Yang Wanzhong, Yang Xiaoming.

66. Патент WO2010085513A1 США, CPC A23B9/06 (EP), A23B9/26 (EP), A23L3/28 (EP). Ultraviolet light treatments for increasing seed yields : US24719109P : заявл. 21.01.2010 : опубл. 29.07.2010 / Heidinger Glenn F, Wilson Charles L.

67. Патент JP2000050706A Япония, А01С1/08, А01G7/00 (IPC1-7), А01С1/08, А01G7/00. Method and apparatus for seed sterilization : №JP22294698A : заявл. 06.08.1998 : опубл. 22.02.2000 / Kaneko Jun.

68. Патент CN206895168U CN, МПК А01С1 / 08. Crop seed disinfection device : CN201720582298U : заявл. 24.05.2017 : опубл. 19.01.2018 / Wang Jianliang, Zhang Yingchun.

69. Патент CN204408888U CN, IPC А01С1/08. Crop seed disinfection device : CN201420761327U : заявл. 08.12.2014 : опубл. 24.06.2015 / Gong Hengxiang, Yu Xiaohua, Zhu Guojun.

70. Патент CN209676811U CN, IPC А01С1/08, В07В9/00, F26В5/02. Seed disinfecting and drying treatment device : CN201920180868U : заявл. 01.02.2019 : опубл. 26.11.2019 / Du Xinwu, Hu Shuangwei, Jin Xin, Li Yucheng, Mao Wenhua, Wang Yongyu.

71. Патент US8001722B2 США, IPC А01G29/00, CPC А01С1/00 (EP, US), А01G7/045 (EP,US), Y02A40/10 (EP), Y02P60/14. Enhancing yields of harvested plant seeds by treating sowing seeds with selected doses of a physical plant stressor

: US35776009A : заявл. 22.01.2009 : опубл. 23.08.2011 / Heidinger Glenn Frederick, Wilson Charles Lindsay.

72. Кармазинов, Ф.В. Ультрафиолетовые технологии в современном мире: Коллективная монография / Ф.В. Кармазинов, С.В. Костюченко, Н.Н. Кудрявцев. – Долгопрудный: Интеллект, 2012. –392 с.

73. Гурьянов, Д.В. Совершенствование технологий электрообеззараживания подстилочного помета при получении органического удобрения: дисс. д-р. техн. наук: 05.20.02 / Гурьянов Дмитрий Валерьевич. – Мичуринск – наукоград, 2022. – 263 с.

74. Пономарева, Н.Е. Обоснование параметров и режимов электрооптического преобразователя для предпосевной обработки семян пшеницы: дисс. канд. техн. наук: 05.20.02 / Пономарева Наталья Евдокимовна. – Зеленоград, 2006. –158 с.

75. Владыкин, И.Р. Повышение эффективности предпосевной обработки семян овощных культур ультрафиолетовым облучением: дисс. канд. техн. наук: 05.20.02 / Владыкин Иван Редович. – Москва, 1999. – 132 с.

76. Ковчин, С.А. Применение электрической энергии в сельском хозяйстве / С.А. Ковчин, Д.А. Меркучев, В.В. Рудаков. – М-Л.: Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1958. – 223 с.

77. Каменских, С.Ф. Проектирование и расчет ленточного конвейера : учебно-методическое пособие / С.Ф. Каменских, С.С. Осьмушин, В.В. Каржавин. – Екатеринбург: РГППУ, 2020. – 74 с.

78. Kowalski W.J. Ultraviolet Gemicidal Irradiation Handbook. UVGI for Air and Suface Disinfection. Springer-Verlag Heidelberg, 2009.

79. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021663552 Российская Федерация. Размещение источника ультрафиолетового облучения в параболическом отражателе : № 2021662590 : заявл. 06.08.2021 : опубл. 18.08.2021 / С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, Е.А. Мартынов, В.Ю. Страхов.

80. Патент № 219453 U1 Российская Федерация, МПК А01С 1/00. Устройство для ультрафиолетовой обработки семян ленточного типа : № 2023109120 : заявл. 10.04.2023 : опубл. 18.07.2023 / С.В. Вендин, В.Ю. Страхов, О.С. Кузьмина, А.М. Крючков.

81. Боцман, В.В. Светотехника и электротехнология / В.В. Боцман. – Белгород: БелГАУ им. В.Я. Горина, 2016. – 139 с.

82. Блинова, Е.И. Планирование и организация эксперимента / Е.И. Блинова. – Минск: БГТУ, 2010. – 130 с.

83. Реброва, И.А. Планирование эксперимента / И.А. Реброва. – Омск: СибАДИ, 2010. – 105 с.

84. Ермакова, С.М. Планирование эксперимента / С.М. Ермакова. – М.: Наука, 1983. – 392 с.

85. Юдин, М.И. Планирование эксперимента и обработка его результатов / М.И. Юдин. – Краснодар: КГАУ, 2004. – 239 с.

86. Бибик, И.В. Повышение эффективности подготовки к скармливанию соевого зерна путем разработки технологии и линии для его проращивания: дисс. канд. техн. наук: 05.20.01 / Бибик Ирина Васильевна. – Благовещенск, 1999. – 130 с.

87. Котов, А.В. Повышение энергетической эффективности ультрафиолетового обеззараживания жидких сред в сельскохозяйственном производстве на основе применения энергосберегающей технологической схемы облучения: дисс. канд. техн. наук: 05.20.02 / Котов Александр Валентинович. – Санкт-Петербург, 2004. – 146 с.

88. Краснолуцкая, М.Г. Повышение эффективности ультрафиолетовой светодиодной облучательной установки для предпосевной обработки семян ели: дисс. канд. техн. наук: 05.20.02 / Краснолуцкая Мария Геннадьевна. – Ижевск, 2018. – 163 с.

89. Овчукова, С.А. Применение оптического излучения в сельскохозяйственном производстве: дисс. д-р. техн. наук: 05.20.02, 05.09.07 / Овчукова Светлана Александровна. – Москва, 2001. – 351 с.

90. Владыкин, И.Р. Повышение эффективности предпосевной обработки семян овощных культур ультрафиолетовым облучением: дисс. канд. техн. наук: 05.20.02 / Владыкин Иван Регович. – Москва, 1999. – 132 с.

91. Владыкин, И.Р. Обоснование комплексного применения электротехнологий для повышения продуктивности огурца в сооружениях защищенного грунта: дисс. д-р. техн. наук: 05.20.02 / Владыкин Иван Регович. – Москва, 2019. – 337 с.

92. Юлдашев, Р.З. Повышение посевных качеств семян хлопчатника в республике Таджикистан методом предпосевного ультрафиолетового и низкотемпературного плазменного облучения: дисс. канд. техн. наук: 05.20.02 / Юлдашев Зарифджан Шарифович. – СПбГАУ. – СПб, 2013. – 177 с.

93. Патент № 2728184 С1 Российская Федерация, МПК А01С 1/00. Устройство для ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием : № 2019131990 : заявл. 09.10.2019 : опубл. 28.07.2020 / С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, Г.С. Походня, А.Н. Макаренко, В.Ю. Страхов.

94. Патент № 2749099 С1 Российская Федерация, МПК А01С 1/02. Устройство для ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием : № 2020134664 : заявл. 21.10.2020 : опубл. 04.06.2021 / С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, В.Ю. Страхов, М.С. Широков.

95. Патент № 2782604 С1 Российская Федерация, МПК В02В 5/00. Установка ультразвуковой обработки зерна : № 2022110343 : заявл. 15.04.2022 : опубл. 31.10.2022 / С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, Е.А. Мартынов, В.Ю. Страхов, К.В. Казаков, П.А. Лобынцев.

96. Патент № 2787786 С1 Российская Федерация, МПК А01С 1/00. Устройство для ультрафиолетовой обработки семян : № 2022112581 : заявл. 05.05.2022 : опубл. 12.01.2023 / С.В. Вендин, В.Ю. Страхов, Ю.В. Саенко, О.С. Кузьмина, Широков М.С.

97. Патент № 206252 U1 Российская Федерация, МПК А01С 1/00. Устройство для ультрафиолетовой обработки семян : № 2021116372 : заявл.

04.06.2021 : опубл. 02.09.2021 / С.В. Вендин, В.Ю. Страхов, С.В. Килин, С.В. Соловьев, А.О. Яковлев.

98. Страхов, В.Ю. Исследование влияния режимов УФ-обработки на всхожесть семян сои при проращивании на зеленый витаминный корм / В.Ю. Страхов, С.В. Вендин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2023. – №2. – С. 154–161.

99. Страхов, В. Ю. Применение УФ излучения для обработки семян сои перед проращиванием / В.Ю. Страхов, С.В. Вендин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2022. – № 3. – С. 82–88.

100. Вендин, С.В. Результаты экспериментальных исследований по проращиванию семян сои на витаминный корм / С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, В.Ю. Страхов, М. С. Широков // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 4. – С. 25–34.

101. Страхов, В.Ю. Экспериментальные исследования по применению ультрафиолетового излучения при предпосевной обработке семян сои для проращивания на витаминный корм / В. Ю. Страхов, С. В. Вендин, Ю. В. Саенко // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2021. – № 2. – С. 108–115.

102. Монтгомери, Д.К. Планирование эксперимента и анализ данных / Д.К. Монтгомери. – Л.: Судостроение, 1980. – 384 с.

103. Грановский, В.А. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях / В.А. Грановский, Т.Н. Сирая. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 290 с.

104. Страхов, В.Ю. Влияние продолжительности освещения на скорость проращивания и химический состав зерна сои и люпина / С.В. Вендин, Ю.В. Саенко, В.Ю. Страхов, М.С. Широков // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2021. – № 1. – С. 93–98.

105. Manners, D.Y. Certain properties of starch from germinating winter wheat grain / D.Y. Manners // Plant Carbohydr Biochem. – 1974. – p. 109–115.

106. Шаршунов, В.А. Биологические приемы повышения эффективности использования зерновых ресурсов Беларуси / В.А. Шаршунов // Вестник национальной академии наук Беларуси. – 2008. – №1. – С. 101–106.
107. Жуков, А.М. Биохимические процессы, протекающие в зерне тритикале при проращивании / А.М. Жуков, Н.С. Болгова // В сборнике «Инновационные технологии и технические средства для АПК материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов». – 2015. – С. 70–73.
108. Golda, A., Szyniarowski, P., Ostrowska K. Thiamine binding and metabolism in germinating seeds of selected cereals and legumes / A. Golda, P. Szyniarowski, K. Ostrowska // Plant Physiol Biochem. – 2004. – № 3. – P. 187–195.
109. Kariluoto, S., Liukkonen K.H., Myllymakiet O. Effect of germination and thermal treatments on folates in rye / S. Kariluoto, K.H. Liukkonen, O. Myllymakiet // J Agric Food Chem. – 2006. – № 25. – P. 9522–9528.
110. Williams, Y.M. Certain properties of starch from germinating winter barley grain / Y.M. Williams // Plant Physiol. – 1977. – № 2. –P. 189–193.
111. Sawasaki, T. The wheat germ cell-free protein synthesis system / T. Sawasaki // Cell-Free Protein Synthesis: Methods and Protocols. 2008. P. 111–139.
112. Bhanu, R.K. Trends in wheat germ cell free protein expression system with an emphasis on up-scaling and industrial application / R.K. Bhanu // Indian Journal of Science and Technology. – 2010. – № 3. – P. 349–354.
113. Шастаке, Е.В. Роль витамина Е в кормлении животных и птицы / Е.В. Шастаке, Р.Р. Рюле // Комбикорма. – 2016. – №9. – С. 84–85.
114. Батанов, С.Д. Влияние скармливания пророщенного зерна на репродуктивные качества крупного рогатого скота / С.Д. Батанов, Г.Ю. Березкин, Е.С. Калашников // Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана. – 2013. – С. 24–27.
115. Capitani, M., Mateo C.M., Nolasco S.M. Effect of temperature and storage time of wheat germ on the oil tocopherol concentration / M. Capitani. C.M. Mateo, S.M. Nolasco // Brazilian Journal of Chemical Engineering. – 2011. – № 2. – P. 243–250.

116. Патент № 2782612 С1 Российская Федерация, МПК А01С 1/02. Технологическая линия для проращивания зерна : № 2022100811 : заявл. 13.11.2022 : опубл. 31.10.2022 / С.В. Вендин, В.Ю. Страхов, Ю.В. Саенко, М.С. Широков.

117. Ковалев, В.В. Методы оценки инвестиционных проектов / В.В. Ковалев. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 144 с.

118. Драгайцева, В.И. Методика экономической оценки технологий и машин в сельском хозяйстве / В.И. Драгайцева. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, 2010. – 146 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

СОГЛАСОВАНО	УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе и инновациям	Глава крестьянского (фермерского) хозяйства
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ им. В.Я. Горина	Кутовой О.А.
Китаёв Ю.А.	«29» _____ 2023 г.
«29» _____ 2023 г.	

ПРОТОКОЛ
производственной проверки установки для ультрафиолетовой
обработки семян ленточного типа

1. Краткая характеристика проблемы и необходимость использования установки ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна

Известно, что перед посевом семена подвергают специальным видам обработки с целью обеззараживания и повышения всхожести и энергии прорастания. Эта обработка может проводиться, как перед посевом, так и при проращивании зерна на витаминный корм животным.

Для обеззараживания зерна и снижения числа патогенных микроорганизмов на его поверхности применяют химические средства (замачивание зерна в растворе перманганата калия) и электрофизические (СВЧ, УФО, ИК) методы обработки. Обработка зерна энергией ультрафиолетового излучения является одним из наиболее технологичных и поточных методов обеззараживания.

Установлено, что восполнять недостаток естественных витаминов у животных можно, добавляя в комбикорм пророщенное зерно. Благодаря высокой витаминной ценности пророщенное зерно является естественным источником витаминов, макро и микроэлементов. В тоже время на сельскохозяйственных предприятиях для проращивания зерна на витаминный корм используют зерно низкого качества. Такое сырье характеризуется низкой всхожестью и энергией прорастания и в процессе проращивания медленно набирает зелёную массу и может загнивать. Ультрафиолетовая обработка позволяет повысить всхожесть и энергию прорастания снизить число плесени и грибка.

Для обеззараживания зерна перед проращиванием, а также стимуляции ростковых процессов разработана и изготовлена установка ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием.

2. Цель испытаний

Целью испытаний является проверка работоспособности установки ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна.

3. Объект испытаний

Объектом производственных испытаний является установка ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна.

4. Методика проведения испытаний

Производственные испытания проводили с декабря 2022 года по май 2023 года в крестьянском (фермерском) хозяйстве Белгородской области.

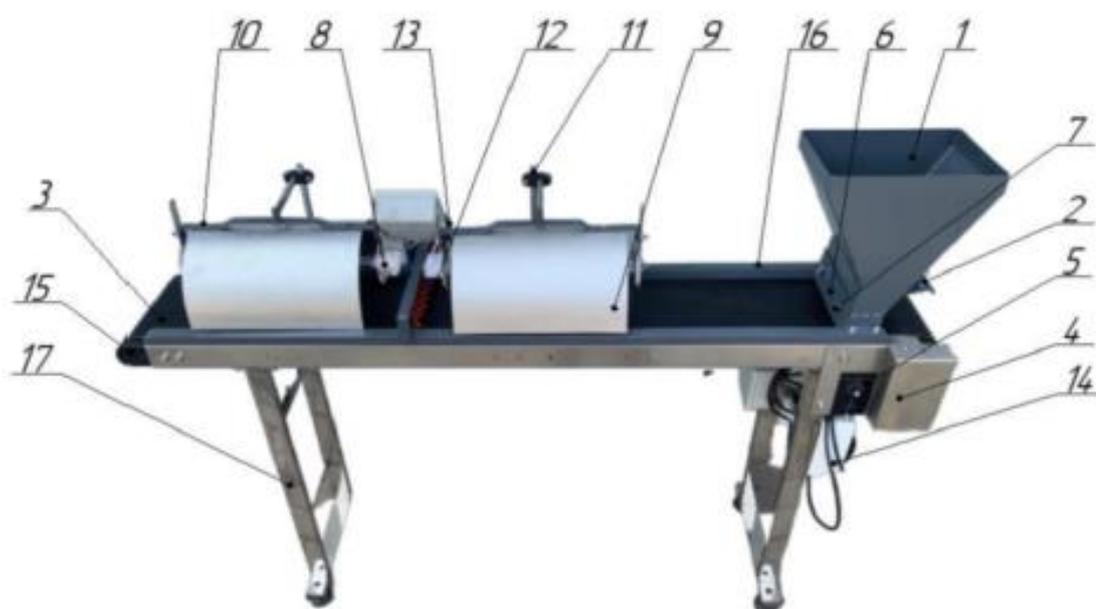
Техническая характеристика установки ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Техническая характеристика установки ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна

№ п/п	Наименование параметров	Единицы измерения	Численные значения
1	Ширина ленты	мм	200
2	Частота вращения ленты конвейера	мин ⁻¹	0,5-20
3	Частота вращения щетки	мин ⁻¹	5-40
4	Производительность	кг/ч	83
5	Суммарная мощность УФ-ламп	Вт	72 (2x36)
6	Мощность мотор-редуктора	Вт	60
7	Размеры габаритные	мм	1500x250x1250
8	Масса	кг	46

В конструкции установки ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна представлена на рисунке 1. В конструкции предусмотрен бункер для загрузки зерна. Ленточный транспортер для перемещения массы зерна в зону обработки. Ленточный транспортер приводит в движение мотор-редуктор. Применение ленточного транспортера в совокупности с преобразователем частоты позволяет управлять скоростью перемещения зерна под источниками УФ-облучения и обеспечивать режимы обработки различных сельскохозяйственных культур с учетом рекомендуемой дозы облучения. Для равномерного распределения зерна на поверхности ленточного транспортера предусмотрен разравниватель с заслонкой. Над ленточным транспортером расположены параболические отражатели с ультрафиолетовыми лампами. Отражатели выполнены из травленого алюминия.

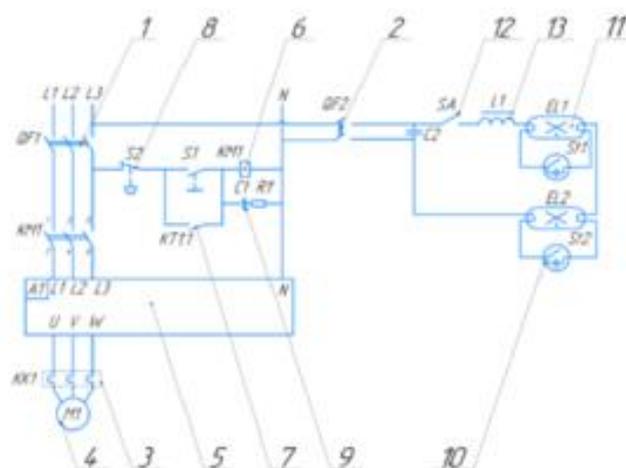
Работа разработанной установки ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна проверялась при обработке зерна перед проращиванием на витаминный корм. Последовательность операций состояла в следующем. Зерно, загружали в бункер установки ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна. Выставляли необходимую скорость движения ленты. Регулировали высоту подвеса ультрафиолетовых ламп над зоной обработки. Открытием дозирующей заслонки осуществляли подачу зерна на ленту транспортера.



- 1 – бункер; 2 – заслонка; 3 – лента транспортера; 4 – мотор-редуктор;
 5 – преобразователь частоты; 6 – разравниватель зерна; 7 – заслонка разравнивателя;
 8 – ультрафиолетовая лампа; 9 – параболический отражатель; 10 – подвеска для
 светильника; 11 – стойка светильника; 12 – щётка; 13 – привод щётки;
 14 – блок управления щёткой; 15 – барабан; 16 – борт; 17 – рама

Рисунок 1 - Установка ленточного типа для УФ-обработки зерна

Принципиальная электрическая схема установки показана на рисунке 2.



- 1, 2 – автоматический выключатель; 3 - тепловое реле; 4 – электродвигатель;
 5 – частотный преобразователь; 6 – катушка; 7 – контакт; 8 – кнопка; 9 – конденсатор;
 10 – стартер; 11 – ультрафиолетовая лампа; 12 – переключатель;
 13 – балластный дроссель.

Рисунок 2 - Принципиальная электрическая схема управления установкой
 В процессе работы масса зерна подвергалась облучению от ультрафиолетовых ламп, в результате чего осуществлялась обеззараживание поверхности и стимуляция ростковых процессов.

Потребляемую мотор-редуктором мощность измеряли при помощи амперметра. Электробезопасность при эксплуатации установки ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна осуществляли с помощью заземляющего устройства.

5. Результаты и заключение

В ходе производственной проверки установили:

1. Установка ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна обеспечивает выполнение следующих технологических операций:
 - накопление зерна в бункере;
 - дозированную выгрузку зерна из бункера на ленту конвейера;
 - регулировку высоты слоя зерна на ленточном конвейере;
 - регулировку скорости перемещения зерна на ленточном конвейере в пределах $0,5 - 20 \text{ мин}^{-1}$;
 - регулировку высоты подвеса ультрафиолетовых ламп;
 - регулировку расположения ламп в параболических отражателях (размещение источника УФ-облучения в фокусе параболического отражателя).
 - регулировку высоты щетки относительно ленты конвейера;
 - регулировку частоты вращения щетки в пределах $5-40 \text{ мин}^{-1}$;
2. Конструкция установки обеспечивает равномерность обработки всего слоя зерна.

Заключение

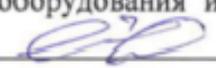
В результате проведенных испытаний установили, что разработанная установка ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна выполняла технологический процесс ультрафиолетового облучения перед проращиванием. Установка обеспечивала дозу обработки в соответствии с заданными значениями.

За время производственных испытаний поломок не установлено.

Состав комиссии:

Глава крестьянского (фермерского) хозяйства

Кутовой О.А. 

Заведующий кафедрой «Электрооборудования и электротехнологии в АПК», д.т.н., профессор Вендин С.В. 

Исполнитель:

Преподаватель кафедры «Электрооборудования и электротехнологий в АПК» Страхов В.Ю. 

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научной работе и
инновациям

ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ
им. В.Я. Горина

Китаёв Ю.А.
«19» мая 2023 г.



УТВЕРЖДАЮ

Глава крестьянского (фермерского)
хозяйства

Кутовой О.А.
«22» мая 2023 г.



АКТ

**производственной проверки установки для
ультрафиолетовой обработки семян ленточного типа**

Мы, Глава крестьянского (фермерского) хозяйства и разработчики Страхов В.Ю. и Вендин С.В. составили настоящий акт в том, что установка ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна проходила производственные испытания с декабря месяца 2022 г. по май 2023 г. в крестьянском (фермерском) хозяйстве Белгородской области.

Установка состоит из следующих взаимосвязанных частей: рамы ленточного транспортера, загрузочного бункера, ультрафиолетовых ламп, параболических отражателей, мотор-редуктора и преобразователя частоты, щетки с электроприводом, подвески для светильников.

По результатам производственной проверки заключаем, что установка надежна в работе и выполняет свои технологические функции обработки зерна ультрафиолетовым излучением с требуемым качеством.

Глава крестьянского (фермерского) хозяйства

Кутовой О.А. _____

Представители разработчика

От Белгородского ГАУ им. В.Я. Горина

Вендин С.В. _____

Страхов В.Ю. _____

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научной работе и инновациям

ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ

им. В.Я. Горина

Китаёв Ю.А.

«25» _____ 2023 г.



УТВЕРЖДАЮ

Глава крестьянского

(фермерского)

хозяйства

Кутовой О.А.

«27» _____ 2023 г.



АКТ

испытаний экспериментальной установки для ультрафиолетовой обработки семян ленточного типа

Краткая характеристика установки

Экспериментальная установка предназначена для ультрафиолетовой обработки зерна перед проращиванием.

Установка состоит из следующих взаимосвязанных частей: рамы ленточного транспортера, загрузочного бункера, ультрафиолетовых ламп, параболических отражателей, мотор-редуктора и преобразователя частоты, щетки с электроприводом, подвески для светильников.

Цель испытаний

Проверка работоспособности установки ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна. Оценка надежности и выполнения технологического процесса УФ-обработки. Оценка эффективности УФ-обработки сои перед проращиванием.

Объект испытаний

Испытания проводились на изготовленной установке ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна. Технические характеристики установки приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Основные технические параметры установки ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна

№ п/п	Наименование параметров	Единицы измерения	Численные значения
1	Ширина ленты	мм	200
2	Частота вращения ленты конвейера	мин ⁻¹	0,5-20
3	Частота вращения щетки	мин ⁻¹	5-40
4	Производительность	кг/ч	83
5	Суммарная мощность УФ ламп	Вт	72 (2x36)
6	Мощность мотор-редуктора	Вт	60
7	Размеры габаритные	мм	1500x250x1250
8	Масса	кг	46

Методика проведения испытаний

Зерно обрабатывали ультрафиолетовым излучением и в последующем проращивали в течение пяти суток.

По окончании периода проращивания производили замер массы и длины ростков сои. На рисунке 1 представлен средний размер длины ростков пророщенной сои.

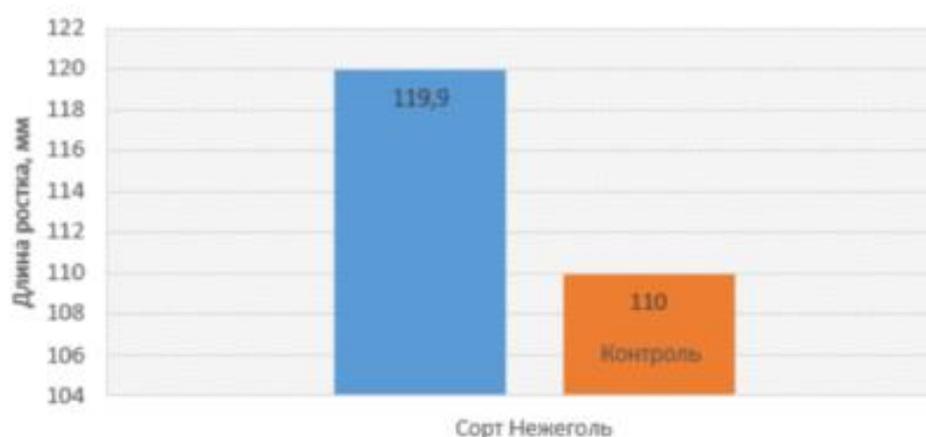


Рисунок 1 – Средний размер длины ростков пророщенной сои

Каждый образец проращивали в четырёх повторности. Суммарная мощность источника ультрафиолетового облучения составляла 72 Вт (2 лампы по 36 Вт). Энергетическая освещенность в зоне обработки составляла 9 Вт/м². Доза УФ-облучения 270 Дж/м². Прибавка в массе пророщенных семян по сравнению с контролем составила 9,5%. Прибавка длины ростка по сравнению с контролем 8,3%.

Результаты

В ходе производственной проверки установили:

3. Установка для ультрафиолетовой обработки зерна ленточного типа обеспечивает выполнение следующих технологических операций:
 - накопление зерна в бункере;
 - дозированную выгрузку зерна из бункера на ленту конвейера;
 - регулировку высоты слоя зерна на ленточном конвейере;
 - регулировку скорости перемещения зерна на ленточном конвейере в пределах 0,5 – 20 мин⁻¹;
 - регулировку высоты подвеса ультрафиолетовых ламп;
 - регулировку расположения ламп в параболических отражателях (размещение источника УФ-облучения в фокусе параболического отражателя).
 - регулировку высоты щетки относительно ленты конвейера;
 - регулировку частоты вращения щетки в пределах 5-40 мин⁻¹;

4. Конструкция установки ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна обеспечивает равномерность обработки слоя.
5. При дозе УФ-облучения 270 Дж/м² прибавка массы пророщенной сои составляет 9,5 % по сравнению с контролем.

Заключение

Установка ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна при обработке зерна перед проращиванием на витаминный корм показала работоспособность и надежность в выполнении технологического процесса, что позволило определить оптимальные режимные параметры.

Обработка сои ультрафиолетовым излучением перед проращиванием на экспериментальной установке позволила увеличить длину ростков при проращивании сои сорта Нежеголь на 8,3 % и обеспечить прибавку массы на 9,5% по сравнению с контролем.

За время производственных испытаний поломок установки ленточного типа для ультрафиолетовой обработки зерна не установлено.

Состав комиссии:

Глава крестьянского (фермерского) хозяйства

Кутовой О.А. 

Представители разработчика

От Белгородского ГАУ им. В.Я. Горина

Вендин С.В. 

Страхов В.Ю. 

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
ПАТЕНТЫ РФ НА ИЗОБРЕТЕНИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ МОДЕЛИ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 782 612** ⁽¹³⁾ **C1**

(51) МПК
[A01C 1/02 \(2006.01\)](#)
(52) СПК
[A01C 1/00 \(2022.05\)](#)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 10.11.2022)
Пошлина: Установленный срок для уплаты пошлины за 3 год: с 14.01.2023 по 13.01.2024. При
уплате пошлины за 3 год в дополнительный 6-месячный срок с 14.01.2024 по 13.07.2024
размер пошлины увеличивается на 50%.

(21)(22) Заявка: [2022100811](#), 13.01.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.01.2022

Дата регистрации:
31.10.2022

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 13.01.2022

(45) Опубликовано: [31.10.2022](#) Бюл. № [31](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2698138 C1, 22.08.2019. RU
2642511 C1, 25.01.2018. FR 2824702 A1,
22.11.2002.

Адрес для переписки:
308503, Белгородская обл., Белгородский р-
н, п. Майский, ул. Вавилова, 24, ФГБОУ
ВО Белгородский ГАУ, Руснак И.В.

(72) Автор(ы):
Вендин Сергей Владимирович (RU),
Страхов Владимир Юрьевич (RU),
Саенко Юрий Васильевич (RU),
Широков Михаил Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Белгородский
государственный аграрный университет
имени В.Я. Горина" (RU)

(54) Технологическая линия для проращивания зерна

(57) Реферат:

Изобретение относится к сельскому хозяйству и предназначено для получения пророщенного зерна, используемого в качестве зеленой подкормки в отрасли свиноводства, птицеводства и кормления крупного рогатого скота. Технологическая линия включает бункер-дозатор, ленточный конвейер с приводом и шитом управления, шнек-разравниватель, выполненный с возможностью вращения посредством привода и равномерного распределения зерна по поверхности ленточного конвейера. Над конвейером в зоне обеззараживания и стимуляции прорастания зерна установлен отражатель с ультрафиолетовой лампой и датчик интенсивности ультрафиолетового облучения. После обработки зерно поступает в блок проращивания, где досвечивается фитолампами в растильнях, размещенных на ярусах секций для проращивания. Изобретение обеспечивает непрерывное обеззараживание зерна и повышение эффективности его проращивания. 1 ил.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **206 252** ⁽¹³⁾ **U1**

(51) МПК
[A01C 1/00 \(2006.01\)](#)
(52) СПК
[A01C 1/00 \(2021.05\)](#)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

Статус: прекратил действие, но может быть восстановлен (последнее изменение статуса: 17.01.2023)

Пошлина: учтена за 1 год с 04.06.2021 по 04.06.2022. Срок подачи ходатайства о восстановлении срока действия патента до 04.12.2025.

(21)(22) Заявка: **2021116372**, 04.06.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.06.2021

Дата регистрации:
02.09.2021

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **04.06.2021**

(45) Опубликовано: **02.09.2021** Бюл. № **25**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 54714 U1, 27.07.2006. RU 2728184 C1, 28.07.2020. SU 1558318 A1, 23.04.1990. JP 63-81044 A, 11.04.1988. SU 946429 A, 30.07.1982. EA 201800418 A1, 30.04.2019. WO 2012/112042 A1, 23.08.2012.

Адрес для переписки:
308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Майский, ул. Вавилова, 24, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, И.В. Руснак

(72) Автор(ы):

**Вендин Сергей Владимирович (RU),
Страхов Владимир Юрьевич (RU),
Килин Станислав Витальевич (RU),
Соловьёв Сергей Владимирович (RU),
Яковлев Алексей Олегович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина" (RU)

(54) **Устройство для ультрафиолетовой обработки семян**

(57) Реферат:

Устройство для ультрафиолетовой обработки семян относится к сельскому хозяйству и предназначено для обеззараживания поверхности и стимуляции прорастания семян. Устройство может быть использовано для обеззараживания сыпучих материалов, продуктов питания, комбинированных кормов. Предлагаемое устройство для ультрафиолетовой обработки семян обеспечивает управление скоростью перемещения ленточного транспортера за счет применения частотного преобразователя, позволяет формировать направленный поток излучения от ультрафиолетовой лампы в зону обработки, позволяет контролировать уровень ультрафиолетового излучения в зоне обработки за счет датчика интенсивности ультрафиолетового излучения.

2

ил.



(51) МПК
A01C 1/00 (2006.01)
 (52) СПК
 A01C 1/00 (2022.08)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 20.01.2023)
 Пошлина: Установленный срок для уплаты пошлины за 3 год: с 06.05.2023 по 05.05.2024. При
 уплате пошлины за 3 год в дополнительный 6-месячный срок с 06.05.2024 по 05.11.2024
 размер пошлины увеличивается на 50%.

(21)(22) Заявка: **2022112581**, 05.05.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.05.2022

Дата регистрации:
12.01.2023

Приоритет(ы):
 (22) Дата подачи заявки: **05.05.2022**

(45) Опубликовано: **12.01.2023** Бюл. № **2**

(56) Список документов, цитированных в отчете о
 поиске: RU 206252 U1, 02.09.2021. RU
 139005 U1, 27.03.2014. RU 2751843 C1,
 19.07.2021. RU 2317668 C2, 27.02.2008. CN
 104823552 B, 17.08.2016. CN 107548612 A,
 09.01.2018. CN 109041634 A, 21.12.2018.

Адрес для переписки:
 308503, Белгородская обл., Белгородский р-
 н, п. Майский, ул. Вавилова, 24, ФГБОУ
 ВО Белгородский ГАУ, Руснак И.В.

(72) Автор(ы):

Вендин Сергей Владимирович (RU),
 Страхов Владимир Юрьевич (RU),
 Саенко Юрий Васильевич (RU),
 Кузьмина Ольга Сергеевна (RU),
 Широков Михаил Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего
 образования "Белгородский
 государственный аграрный университет
 имени В.Я. Горина" (RU)

(54) Устройство для ультрафиолетовой обработки семян

(57) Реферат:

Изобретение относится к области сельского хозяйства. Предложено устройство для ультрафиолетовой обработки семян, состоящее из двух ленточных конвейеров, закрепленных на раме, для равномерного распределения семян, на поверхности которых установлены разравниватели семян, а для возможности изменения их скорости предусмотрен преобразователь частоты. Над первыми ленточными конвейерами расположены отражатели с ультрафиолетовыми лампами, которые выполнены с возможностью изменения высоты подвеса относительно зоны обработки. Над ленточными конвейерами в зоне обработки закреплены датчики интенсивности ультрафиолетового излучения, информация с которых отображается на пульте управления. Под первым ленточным конвейером расположена вертикальная ультрафиолетовая лампа. Для контроля времени работы ультрафиолетовых ламп предусмотрен счетчик импульсов. Устройство позволяет повысить равномерность обеззараживания семян. 1 ил.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU (11) **219 453** (13) U1

(51) МПК
[A01C 1/00 \(2006.01\)](#)
(52) СПК
[A01C 1/00 \(2023.05\)](#)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 20.07.2023)
Пошлина: Подлежит уплате 1 год действия патента в срок с 03.07.2023 по 03.09.2024 по п. 9
Положения о пошлинах

(21)(22) Заявка: **2023109120**, 10.04.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.04.2023

Дата регистрации:
18.07.2023

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 10.04.2023

(45) Опубликовано: [18.07.2023](#) Бюл. № 20

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2303350 C1, 27.07.2007. RU
214488 U1, 31.10.2022. RU 2749099 C1,
04.06.2021. US 6096379 A1, 01.08.2000.

Адрес для переписки:
308503, Белгородская обл., Белгородский р-
н, п. Майский, ул. Вавилова, 24, ФГБОУ
ВО Белгородский ГАУ, И.В. Руснак

(72) Автор(ы):

Вендин Сергей Владимирович (RU),
Страхов Владимир Юрьевич (RU),
Кузьмина Ольга Сергеевна (RU),
Крючков Алексей Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Белгородский
государственный аграрный университет
имени В.Я. Горина" (RU)

(54) Устройство для ультрафиолетовой обработки семян ленточного типа

(57) Реферат:

Полезная модель относится к сельскому хозяйству и предназначена для обеззараживания поверхности и стимуляции прорастания семян. Устройство может быть использовано для обеззараживания сыпучих материалов, продуктов питания, комбинированных кормов. Предлагаемое устройство для ультрафиолетовой обработки семян ленточного типа обеспечивает повышение равномерности ультрафиолетового облучения за счет перемешивания слоя семян при обработке; разравнивание слоя семян на поверхности ленточного конвейера за счет разравнивателя; снижение потерь семян за счет бортиков по краям ленточного конвейера. 1 ил.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11) **214 488** (13) **U1**

(51) МПК
[A01C 1/00 \(2006.01\)](#)
(52) СПК
[A01C 1/00 \(2022.08\)](#)
[A01G 7/04 \(2022.08\)](#)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: может прекратить свое действие (последнее изменение статуса: 28.05.2023)
Пошлина: учтена за 1 год с 27.05.2022 по 27.05.2023. Установленный срок для уплаты пошлины за 2 год: с 27.05.2022 по 27.05.2023. При уплате пошлины за 2 год в дополнительный 6-месячный срок с 28.05.2023 по 27.11.2023 размер пошлины увеличивается на 50%.

(21)(22) Заявка: **2022114478, 27.05.2022**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.05.2022

Дата регистрации:
31.10.2022

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **27.05.2022**

(45) Опубликовано: [31.10.2022](#) Бюл. № **31**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 206252 U1, 02.09.2021. RU 54714 U1, 27.07.2006. SU 1558318 A1, 23.04.1990. JP 63081044 A, 11.04.1988. SU 946429 A1, 30.07.1982.

Адрес для переписки:
308503, Белгородская обл., Белгородский р-н, п. Майский, ул. Вавилова, 24, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, И.В. Руснак

(72) Автор(ы):

Вендин Сергей Владимирович (RU),
Страхов Владимир Юрьевич (RU),
Саенко Юрий Васильевич (RU),
Кузьмина Ольга Сергеевна (RU),
Широков Михаил Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина" (RU)

(54) Устройство для ультрафиолетовой обработки семян

(57) Реферат:

Устройство для ультрафиолетовой обработки семян относится к сельскому хозяйству и предназначено для обеззараживания поверхности и стимуляции прорастания семян. Устройство может быть использовано для обеззараживания сыпучих материалов, продуктов питания, комбинированных кормов. Предлагаемое устройство для ультрафиолетовой обработки семян обеспечивает управляемый процесс ультрафиолетового облучения семян за счет управления скоростью перемещения ленточного транспортера частотным преобразователем, позволяет повысить эффективность ультрафиолетового облучения за счет применения камеры с отражающим покрытием и обеспечить контроль общего времени работы ультрафиолетовых ламп за счет применения счетчика импульсов. 1 ил.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2021663552

Размещение источника ультрафиолетового облучения в параболическом отражателе

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина» (RU)*

Авторы: *Вендин Сергей Владимирович (RU), Саенко Юрий Васильевич (RU), Мартынов Евгений Алексеевич (RU), Страхов Владимир Юрьевич (RU)*

Заявка № 2021662590

Дата поступления 06 августа 2021 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 18 августа 2021 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Иевлев

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ПРОТОКОЛЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

**ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА»**

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ (на 1 листе)
от « 25 » апреля 2022 года

Адрес: 308503, Белгородская обл.,
Белгородский р-н, п. Майский,
ул. Вавилова, 1
тел. (4722)39-21-63, 39-22-87

Страхов В.Ю., аспирант 3 курса обучения;
Научный руководитель: профессор Вендин С.В.;
Направление подготовки: 35.06.04. –Технология, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском хозяйстве, лесном и рыбном хозяйстве;
Направляет: 10 проб сои по показателям: всхожесть, энергия прорастания;
Дата и время отбора проб: « 18 » апреля 2022г. 10 час. 00 мин.;
Цель исследования: проведение научных исследований;
Лица, проводившие отбор проб: аспирант 3 курса обучения Страхов В.Ю.

Проба	Анализируемый показатель	НД на методы исследований	Результат испытаний	Единицы измерений
1. E =1 Вт/м ² УФО 30 сек.	Всхожесть	ГОСТ 12038	95	%
	Энергии прорастания		94	%
2. E =9 Вт/м ² УФО 30 сек.	Всхожесть		97	%
	Энергии прорастания		95	%
3. E =1 Вт/м ² УФО 90 сек.	Всхожесть		85	%
	Энергии прорастания		82	%
4. E =9 Вт/м ² УФО 90 сек.	Всхожесть		93	%
	Энергии прорастания		91	%
5. E =1 Вт/м ² УФО 60 сек.	Всхожесть		97	%
	Энергии прорастания		95	%
6. E =9 Вт/м ² УФО 60 сек.	Всхожесть		100	%
	Энергии прорастания		99	%
7. E =5 Вт/м ² УФО 30 сек.	Всхожесть		100	%
	Энергии прорастания		99	%
8. E =5 Вт/м ² УФО 90 сек.	Всхожесть		91	%
	Энергии прорастания		88	%
9. E =5 Вт/м ²	Всхожесть	94	%	

УФО 60 сек.	Энергии прорастания		90	%
10. Контроль	Всхожесть		58	%
	Энергии прорастания		57	%

Настоящий протокол касается только образца, подвергнутого испытаниям.

Исполнители:

Начальник испытательной лаборатории
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ


(фамилия, имя, отчество)


(фамилия, имя, отчество)

« 25 » апреля 2022 года



ФГБОУ ВО «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.Я.ГОРИНА»

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Заказчик Саенко Ю.В. анализируемый материал люпин, соя дата 22.06.2020

№ п/п	Влага, %	Сухое вещество, %	Сырая зола, %	Сырой жир, %	Сырой протеин, %	Сырая клетчатка, %	БЭВ, %	Кальций, %	Фосфор, %	Калий, %	Натрий, %	Сахар, %	Каротин, мг/кг
зерно соя													
6	п	9,10	4,84	19,08	36,59	5,46	24,93	0,214	0,589	1,623	0,094	4,94	3,74
	с		5,32	20,99	40,25	6,01	27,42	0,235	0,648	1,786	0,103	5,43	
зерно люпина													
7	п	10,60	4,07	11,46	30,77	9,85	33,25	0,285	0,497	1,128	0,077	5,45	17,47
	с		4,55	12,82	34,42	11,02	37,19	0,319	0,556	1,262	0,086	6,10	
соя, замоченная в КМnO ₄ , освещение 8 часов													
8	п	68,14	1,81	6,83	13,85	5,31	4,06	0,161	0,233	0,515	0,032	1,84	4,78
	с		31,86	21,44	43,46	16,67	12,74	0,505	0,731	1,617	0,099	5,79	
люпин пророщенный, освещение 4 часа, УФО 300 с													
9	п	75,48	1,15	3,15	9,05	3,99	7,18	0,084	0,147	0,283	0,030	1,30	4,95
	с		24,52	4,70	12,86	16,27	29,28	0,343	0,601	1,156	0,121	5,31	
люпин пророщенный, высушенный, освещение 4 часа, УФО 300 с													
10	п	32,48	3,10	3,40	28,06	12,50	13,37	0,353	0,479	0,652	0,106	0,76	4,66
	с		67,52	5,33	41,56	18,51	19,80	0,523	0,710	0,966	0,157	1,13	

Начальник испытательной лаборатории

Н.И.Обернихина



**ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА»**

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ (на 1 листе) № 48

от «12» января 2023 года

Адрес: 308503, Белгородская обл.,
Белгородский р-н, п. Майский,
ул. Вавилова, 1
тел. (4722)39-21-63, 39-22-87

Преподаватель кафедры электрооборудования
и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ Страхов В.Ю.
Научный руководитель: профессор Вендин С.В.;
Направление подготовки: 35.06.04. –Технология, средства механизации и энергетическое
оборудование в сельском хозяйстве, лесном и рыбном хозяйстве;
Направляет пробу № 1, сою $E=1$ Вт/м² УФО 30 сек. по показателю: определение общего
количества микробных клеток и определение дрожжей и плесени в сумме;
Дата и время отбора проб: «26» декабря 2022 г. 10 час. 00 мин.;
Цель исследования: проведение научных исследований;
Лица, проводившие отбор проб: Преподаватель кафедры электрооборудования
и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ Страхов В.Ю.

№ п/п	Определяемые показатели; единицы измерения	Результаты исследований; единицы измерения	НД на методы исследований
1	2	3	4
1.	Определение общего количества микробных клеток	$1,8 \cdot 10^3$ КОЕ/г	ГОСТ 10444.15
2	Определение дрожжей и плесени в сумме	48 КОЕ/г	ГОСТ 10444.12

Начальник испытательной лаборатории
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ



Н.И. Обернихина

(Фамилия, имя, отчество)

« 12 » января 2023 года

**ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА»**

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ (на 1 листе) № 49
от «12» января 2023 года

Адрес: 308503, Белгородская обл.,
Белгородский р-н, п. Майский,
ул. Вавилова, 1
тел. (4722)39-21-63, 39-22-87

Преподаватель кафедры электрооборудования
и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ Страхов В.Ю.
Научный руководитель: профессор Вендин С.В.;
Направление подготовки: 35.06.04. –Технология, средства механизации и энергетическое
оборудование в сельском хозяйстве, лесном и рыбном хозяйстве;
Направляет пробу № 2, сою E=9 Вт/м² УФО 30 сек. по показателям: определение общего
количества микробных клеток и определение дрожжей и плесени в сумме;
Дата и время отбора проб: «26» декабря 2022 г. 10 час. 00 мин.;
Цель исследования: проведение научных исследований;
Лица, проводившие отбор проб: Преподаватель кафедры электрооборудования
и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ Страхов В.Ю.

№ п/п	Определяемые показатели; единицы измерения	Результаты исследований; единицы измерения	НД на методы исследований
1	2	3	4
1.	Определение общего количества микробных клеток	3,8*10 ² КОЕ/г	ГОСТ 10444.15
2	Определение дрожжей и плесени в сумме	59 КОЕ/г	ГОСТ 10444.12

Начальник испытательной лаборатории
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ


Н.И. Обернихина
(Фамилия, имя, отчество)

« 12 » января 2023 года

**ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА»**

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ (на 1 листе) № 52
от «12» января 2023 года

Адрес: 308503, Белгородская обл.,
Белгородский р-н, п. Майский,
ул. Вавилова, 1
тел. (4722)39-21-63, 39-22-87

Преподаватель кафедры электрооборудования
и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ Страхов В.Ю.
Научный руководитель: профессор Вендин С.В.;
Направление подготовки: 35.06.04. –Технология, средства механизации и энергетическое
оборудование в сельском хозяйстве, лесном и рыбном хозяйстве;
Направляет пробу № 5, E=1 Вт/м² УФО 60 сек.. по показателям: определение общего количества
микробных клеток и определение дрожжей и плесени в сумме;
Дата и время отбора проб: «26» декабря 2022 г. 10 час. 00 мин.;
Цель исследования: проведение научных исследований;
Лица, проводившие отбор проб: Преподаватель кафедры электрооборудования
и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ Страхов В.Ю.

№ п/п	Определяемые показатели; единицы измерения	Результаты исследований; единицы измерения	НД на методы исследований
1	2	3	4
1.	Определение общего количества микробных клеток	1,1*10 ⁴ КОЕ/г	ГОСТ 10444.15
2	Определение дрожжей и плесени в сумме	189 КОЕ/г	ГОСТ 10444.12

Начальник испытательной лаборатории
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ



 (фамилия, имя, отчество) Н.И. Обернихина

« 12 » января 2023 года

**ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА»**

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ (на 1 листе) № 53
от «12» января 2023 года

Адрес: 308503, Белгородская обл.,
Белгородский р-н, п. Майский,
ул. Вавилова, 1
тел. (4722)39-21-63, 39-22-87

Преподаватель кафедры электрооборудования
и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ Страхов В.Ю.
Научный руководитель: профессор Вендин С.В.;
Направление подготовки: 35.06.04. –Технология, средства механизации и энергетическое
оборудование в сельском хозяйстве, лесном и рыбном хозяйстве;
Направляет пробу № 7, E=5 Вт/м² УФО 30 сек.. по показателям: определение общего количества
микробных клеток и определение дрожжей и плесени в сумме;
Дата и время отбора проб: «26» декабря 2022 г. 10 час. 00 мин.;
Цель исследования: проведение научных исследований;
Лица, проводившие отбор проб: Преподаватель кафедры электрооборудования
и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ Страхов В.Ю.

№ п/п	Определяемые показатели; единицы измерения	Результаты исследований; единицы измерения	НД на методы исследований
1	2	3	4
1.	Определение общего количества микробных клеток	1,9*10 ⁴ КОЕ/г	ГОСТ 10444.15
2	Определение дрожжей и плесени в сумме	106 КОЕ/г	ГОСТ 10444.12

Начальник испытательной лаборатории
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ



Н.И. Обернихина

(Фамилия, имя, отчество)

« 12 » января 2023 года

**ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА»**

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ (на 1 листе) № 52

от «12» января 2023 года

Адрес: 308503, Белгородская обл.,
Белгородский р-н, п. Майский,
ул. Вавилова, 1
тел. (4722)39-21-63, 39-22-87

Преподаватель кафедры электрооборудования
и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ Страхов В.Ю.
Научный руководитель: профессор Вендин С.В.;
Направление подготовки: 35.06.04. –Технология, средства механизации и энергетическое
оборудование в сельском хозяйстве, лесном и рыбном хозяйстве;
Направляет пробу № 6, E=9 Вт/м² УФО 60 сек.. по показателям: определение общего количества
микробных клеток и определение дрожжей и плесени в сумме;
Дата и время отбора проб: «26» декабря 2022 г. 10 час. 00 мин.;
Цель исследования: проведение научных исследований;
Лица, проводившие отбор проб: Преподаватель кафедры электрооборудования
и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ Страхов В.Ю.

№ п/п	Определяемые показатели; единицы измерения	Результаты исследований; единицы измерения	НД на методы исследований
1	2	3	4
1.	Определение общего количества микробных клеток	3*10 ³ КОЕ/г	ГОСТ 10444.15
2	Определение дрожжей и плесени в сумме	79 КОЕ/г	ГОСТ 10444.12

Начальник испытательной лаборатории
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ




(Фамилия, имя, отчество)

Н.И. Обернихина

« 12 » января 2023 года

**ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА»**

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ (на 1 листе) № 54
от «12» января 2023 года

Адрес: 308503, Белгородская обл.,
Белгородский р-н, п. Майский,
ул. Вавилова, 1
тел. (4722)39-21-63, 39-22-87

Преподаватель кафедры электрооборудования
и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ Страхов В.Ю.
Научный руководитель: профессор Вендин С.В.;
Направление подготовки: 35.06.04. –Технология, средства механизации и энергетическое
оборудование в сельском хозяйстве, лесном и рыбном хозяйстве;
Направляет пробу № 8, E=5 Вт/м² УФО 90 сек.. по показателям: определение общего количества
микробных клеток и определение дрожжей и плесени в сумме;
Дата и время отбора проб: «26» декабря 2022 г. 10 час. 00 мин.;
Цель исследования: проведение научных исследований;
Лица, проводившие отбор проб: Преподаватель кафедры электрооборудования
и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ Страхов В.Ю.

№ п/п	Определяемые показатели; единицы измерения	Результаты исследований; единицы измерения	НД на методы исследований
1	2	3	4
1.	Определение общего количества микробных клеток	4,2*10 ² КОЕ/г	ГОСТ 10444.15
2	Определение дрожжей и плесени в сумме	125 КОЕ/г	ГОСТ 10444.12

Начальник испытательной лаборатории
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ



Н.И. Обернихина

(фамилия, имя, отчество)

« 12 » января 2023 года

**ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА»**

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ (на 1 листе) № 55
от «12» января 2023 года

Адрес: 308503, Белгородская обл.,
Белгородский р-н, п. Майский,
ул. Вавилова, 1
тел. (4722)39-21-63, 39-22-87

Преподаватель кафедры электрооборудования
и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ Страхов В.Ю.
Научный руководитель: профессор Вендин С.В.;
Направление подготовки: 35.06.04. –Технология, средства механизации и энергетическое
оборудование в сельском хозяйстве, лесном и рыбном хозяйстве;
Направляет пробу № 9, E=5 Вт/м² УФО 60 сек.. по показателям: определение общего количества
микробных клеток и определение дрожжей и плесени в сумме;
Дата и время отбора проб: «26» декабря 2022 г. 10 час. 00 мин.;
Цель исследования: проведение научных исследований;
Лица, проводившие отбор проб: Преподаватель кафедры электрооборудования
и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ Страхов В.Ю.

№ п/п	Определяемые показатели; единицы измерения	Результаты исследований; единицы измерения	НД на методы исследований
1	2	3	4
1.	Определение общего количества микробных клеток	1*10 ³ КОЕ/г	ГОСТ 10444.15
2	Определение дрожжей и плесени в сумме	95 КОЕ/г	ГОСТ 10444.12

Начальник испытательной лаборатории
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ


Н.И. Обернихина
(фамилия, имя, отчество)

« 12 » января 2023 года

**ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА»**

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ (на 1 листе) № 56
от «12» января 2023 года

Адрес: 308503, Белгородская обл.,
Белгородский р-н, п. Майский,
ул. Вавилова, 1
тел. (4722)39-21-63, 39-22-87

Преподаватель кафедры электрооборудования
и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ Страхов В.Ю.
Научный руководитель: профессор Вендин С.В.;
Направление подготовки: 35.06.04. –Технология, средства механизации и энергетическое
оборудование в сельском хозяйстве, лесном и рыбном хозяйстве;
Направляет пробу № 10, контрольная проба по показателям: определение общего количества
микробных клеток и определение дрожжей и плесени в сумме;
Дата и время отбора проб: «26» декабря 2022 г. 10 час. 00 мин.;
Цель исследования: проведение научных исследований;
Лица, проводившие отбор проб: Преподаватель кафедры электрооборудования
и электротехнологий в АПК ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ Страхов В.Ю.

№ п/п	Определяемые показатели; единицы измерения	Результаты исследований; единицы измерения	НД на методы исследований
1	2	3	4
1.	Определение общего количества микробных клеток	3,4*10 ⁴ КОЕ/г	ГОСТ 10444.15
2	Определение дрожжей и плесени в сумме	108 КОЕ/г	ГОСТ 10444.12

Начальник испытательной лаборатории
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ



Н.И. Обернихина

(фамилия, имя, отчество)

« 12 » января 2023 года

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
ДИПЛОМЫ И СЕРТИФИКАТЫ УЧАСТИЯ В ВЫСТАВКАХ И
КОНКУРСАХ





ДИПЛОМ

победителя

в номинации «Технические науки»

II этапа

Всероссийского конкурса на лучшую научную работу
среди студентов, аспирантов и молодых ученых
высших учебных заведений Минсельхоза России

награждается

Страхов Владимир Юрьевич

ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ

И.о. ректора,
д.э.н., доцент



Е.Ю. Калиничева

г. Орёл, 26 апреля 2019 г.



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

БашГАУ

ДИПЛОМ III степени

награждается

Страхов Владимир Юрьевич

обучающийся ФТБОУ ВО Белгородский ГАУ

по итогам III этапа Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации по номинации «Технические науки»



Ректор
И. И. Габитов

г. Уфа, 24-25 мая 2021 г.



ДИПЛОМ

II СТЕПЕНИ

награждается

Страхов Владимир Юрьевич

аспирант ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я.Горина» -
призер Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза России

в номинации
«Технические науки»

Директор Департамента образования,
научно-технологической политики и
рыбохозяйственного комплекса
Минсельхоза России

Москва 2021

Н.А.Иванова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»



СЕРТИФИКАТ

участнику
Международной научно-практической
конференции
«Энергообеспечение АПК»

Страхову Владимиру Юрьевичу

Председатель оргкомитета
заместитель директора ФГБНУ ФНАЦ ВИМ
профессор РАН, академик РАН



А.С. Дорохов

15-16 ДЕКАБРЯ 2022 г.
Москва, ФГБНУ ФНАЦ ВИМ



Молодежная премия в области науки и техники

«НАДЕЖДА РОССИИ»

*Российского Союза научных и инженерных
общественных объединений*

ДИПЛОМ

НАГРАЖДАЕТСЯ

Страхов Владимир Юрьевич

преподаватель

Белгородского государственного аграрного университета имени
В.Я.Горина

за работу:

«Разработка конструкции установки по обработке
семян энергией оптического излучения УФ диапазона
для повышения эффективности применения средств
химической защиты сельскохозяйственных растений»



Президент РосСНИО,
председатель Комитета
по присуждению премии
«Надежда России»

Ю.В.Гуляев
академик РАН

25 января 2023 г.
г. Москва



приоритет2030[^]

лидерами становятся

ДИПЛОМ

1 степени

**участника III этапа Всероссийского конкурса
на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов
и молодых ученых аграрных образовательных
и научных организаций России в номинации
«Электротехнологии, электрооборудование
и энергоснабжение АПК»**

**Страхова Владимира Юрьевича
Белгородский государственный аграрный университет
имени В.Я. Горина**

Ректор Ставропольского
государственного аграрного
университета

В. Н. Ситников

19 мая 2023 г.