

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.А. КОСТЫЧЕВА»

На правах рукописи



ЗАБАРА КОНСТАНТИН АЛЕКСАНДРОВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ХРАНЕНИЯ
ТЕХНИКИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

Специальность 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для
агропромышленного комплекса

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Шемякин Александр Владимирович

Рязань 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Глава 1. Состояние вопроса, цель и задачи исследования.....	8
1.1 Анализ износа сельскохозяйственной техники в нерабочий период.....	8
1.2 Характеристика процесса коррозии металлов деталей и узлов сельскохозяйственной техники.....	13
1.3 Характеристика процесса старения полимеров деталей и узлов сельскохозяйственной техники.....	26
1.4 Анализ существующих технологий и способов хранения сельскохозяйственной техники.....	35
1.5 Цель и задачи исследований.....	41
Глава 2. Исследования устройства хранения техники	42
2.1 Конструктивно-технологическая схема устройства хранения техники ..	42
2.2 Исследование климатических условий на территории Клепиковского района Рязанской области.....	44
2.3 Исследование теплопередачи через многослойную ограждающую конструкцию устройства хранения техники.....	48
2.4 Теоретическое обоснование параметров инфракрасного излучателя.....	62
Выводы по второй главе.....	72
Глава 3. Программа и методики экспериментальных исследований устройства хранения техники.....	74
3.1 Программа экспериментальных исследований.....	74
3.2 Методика лабораторных исследований.....	75
3.3 Методика исследований в производственных условиях.....	89
Глава 4. Результаты экспериментальных исследований.....	99
4.1 Результаты лабораторных исследований.....	99
4.2 Результаты исследования зависимости интенсивности излучения от расстояния до источника.....	107

4.3 Результаты исследования условий хранения сельскохозяйственной техники внутри устройства хранения техники.....	109
4.4 Результаты исследования эффективности способов хранения сельскохозяйственной техники.....	118
4.5 Исследование и определение экономического эффекта устройства хранения техники.....	122
Выводы по четвертой главе.....	128
Заключение.....	131
Список литературы.....	132
Приложения.....	151

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В последние годы правительство Российской Федерации проявляет особые требования к развитию сельскохозяйственного производства, поскольку основой стабильности любого государства является продовольственная безопасность и эффективное развитие агропромышленного комплекса (АПК). По мере увеличения технического потенциала АПК еще в большей степени повышается значение таких понятий как экономичность и бережливость при его использовании. Бережливость материальных ресурсов оказывается первостепенным принципом, как экономического развития, так и социального в условиях фермерских хозяйств и других субъектов малого и среднего предпринимательства. Всё это определяет особую актуальность проблемы обеспечения сохранности техники, занятой в сельскохозяйственном производстве, и защиты ее от коррозии и старения полимеров.

Важной задачей в процессе эксплуатации сельскохозяйственной техники (СХТ) является обеспечение ее сохранности в нерабочий период при длительном хранении. Длительное хранение СХТ заключается в содержании исправной и специально подготовленной машины в состоянии, обеспечивающем ее сохранность и приведение в готовность к использованию в назначенные сроки. Для обеспечения готовности СХТ возникает необходимость применять на местах ее хранения эффективные средства консервации, обеспечивающие надежную защиту от вредного воздействия окружающей среды на весь период ее хранения, что требует дополнительных трудозатрат и материальных ресурсов.

Поэтому внедрение прогрессивных методов хранения, которые ведут к снижению затрат на ремонт, техническое обслуживание (ТО) и восстановление техники является актуальной научной задачей.

Степень разработанности темы. Анализ различных способов хранения СХТ, изложенных в научно-технических работах, таких известных ученых, как

Манин В.Н, Северный А.Э., Латышенок М.Б., Костенко М.Ю., Шемякин А.В., Кравченко И.Н., Дорохов А.В., Катаев Ю.В., Терентьев В.В., Успенский И.А., Юхин И.А., Ушанев А.И. и других авторов, показал, что организация качественного хранения СХТ позволяет весьма в значительной степени сохранить и поддерживать на определенном уровне ее эксплуатационные показатели. Технологии, которые существуют на сегодняшний день, позволяют обеспечить высокую эффективность хранения СХТ. Но в то же время в условиях фермерских хозяйств и других субъектов малого и среднего предпринимательства, реализовать такие технологии не всегда удается. Отсутствие материальных ресурсов вот одна из основных причин организации хранения СХТ на низком уровне. Тем не менее, в связи с тем, что на современном рынке появляются различные виды новых материалов, снова возникает потребность в дополнительном исследовании проблемы обеспечения сохранности СХТ. Поэтому существует реальная потребность в разработке перспективных способов хранения СХТ с применением универсальных и недорогих укрытий позволяющих обеспечить качественное хранение с наименьшими затратами.

Цель работы – обоснование параметров устройства хранения техники.

Задачи исследования:

- 1) Проанализировать научно-производственный опыт хранения СХТ.
- 2) Теоретически обосновать параметры устройства хранения техники.
- 3) Экспериментально уточнить параметры устройства хранения техники.
- 4) Организовать и осуществить процесс хранения СХТ с применением устройства хранения техники.
- 5) Провести оценку технико-экономического эффекта применения устройства хранения техники.

Объект исследования – процесс хранения СХТ.

Предмет исследования – закономерности процесса хранения СХТ.

Научная новизна состоит:

- в математическом моделировании температурно-влажностного режима хранения СХТ в индивидуальном хранилище, внутри которого установлены источники инфракрасного излучения;
- в аналитических зависимостях обоснования параметров устройства хранения техники.

Теоретическая значимость работы представлена зависимостями, выражающими обоснование параметров устройства хранения техники.

Практическая значимость работы заключается в предложенном решении конструкции устройства хранения техники (патент на полезную модель № 215922 U1 Российская Федерация, МПК E04H 6/08).

Методология и методы исследования.

Теоретические исследования сделаны на основе использования известных положений, законов и методов физики, термодинамики, теоретической механики и математики с использованием прикладных программ MatCad 15.0, Microsoft Excel, nanoCAD 3D модуль «3D-моделирование и зависимости». Показатели надежности и долговечности определяли по стандартным методикам. Для осуществления лабораторных и производственных испытаний использовались современные сертифицированные приборы и установки. Обработку данных экспериментальных исследований осуществляли методом математической статистики с использованием ЭВМ и современной компьютерной программы STATISTICA 10.0 Оценка объекта исследования при проведении лабораторных и полевых испытаний осуществлялась согласно ГОСТ 7076-99, ГОСТ 5282-82, ГОСТ 9.401-91, РД 50-690-89 и др.

Положения выносимые на защиту:

- 1) Теоретически обоснованные и экспериментально уточненные параметры устройства хранения техники;
- 2) Результаты экспериментальных исследований хранения СХТ с применением устройства хранения техники;

3) Оценка технико-экономического эффекта хранения СХТ с применением устройства хранения техники.

Степень достоверности. Достоверность научных положений подтверждена достаточной сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований (расхождение не превысило 4,7%), при доверительной вероятности 95,3%.

Реализация результатов исследования. Испытания устройства хранения техники проходили в хозяйстве ООО «Рассвет» Клепиковского района Рязанской области в 2024 году.

Личный вклад автора состоит в работе над достижением цели, а именно обосновании параметров устройства хранения техники и проведении экспериментальных исследований, написании статей, математической обработки результатов исследования.

Апробация работа. Основные положения научно-квалификационной работы (диссертации) доложены и обсуждены на научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов ФГБОУ ВО РГАТУ (2020, 2021, 2022, 2023 и 2024 гг.).

Публикации. По теме настоящей диссертации опубликовано 16 печатных работ, из них 4 научные публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 1 публикация в научном издании Scopus. Получен 1 патент РФ на полезную модель №215922. Получено 1 свидетельство РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022682814.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка литературы из 165 наименований и приложений, изложена на 159 страницах, включает 47 рисунков и 17 таблиц.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Анализ износа сельскохозяйственной техники в нерабочий период

Современные условия рыночной экономики, а также высокая стоимость парка сельскохозяйственных машин (таблица 1.1) требуют поиска новых подходов к правилам технического обслуживания и ремонта СХТ, а также хранения техники. Которые будут направлены на то, чтобы решить основные проблемы, определяющие систему технического сопровождения и ремонта СХТ в АПК, разработку устройств и программного обеспечения по управлению техническим состоянием техники и ее сохранности [58, 60, 133, 146]. Основная проблема сохранности СХТ связана с обслуживанием содержащихся на хранении машин (постановка на хранение, выполнение работ по техническому обслуживанию, производство регламентных и других работ на машинах в процессе хранения). Так, например, около 70 % предприятий АПК не имеют даже обустроенных мест для хранения объектов СХТ. Более 80 % объектов СХТ не проходят полного технического обслуживания перед постановкой их на длительное хранение. А ведь это целый комплекс профилактических мер, которые направлены, главным образом, на предотвращение отказов узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники. Поэтому из года в год износ СХТ в не рабочий период лишь только растет. Износ СХТ в 25 % случаев за год приводит к частичному или полному прекращению выполнения определенных функций отдельных элементов или машины в целом, а затраты на восстановление работоспособности этих машин увеличиваются в среднем на 4-5 % ежедневно [15, 78, 97].

При эксплуатации любой машины заложенная при её проектировании и производстве надёжность реализуется такими свойствами, как безотказность, долговечность и ремонтпригодность, которые проявляются при эксплуатации самой машины и зависят от принятой системы технического

обслуживания и ремонта, условий и режимов работы, производственно-технической базы и других эксплуатационных факторов [39, 59, 78, 102, 134].

Отличительной особенностью работы машины в сельском хозяйстве, является её кратковременное периодическое и напряженное использование с последующим длительным хранением. Причем длительность работы большинства этих машин составляет всего лишь 10-15 % от всего календарного времени, а в остальное время года эти машины находятся на хранении (таблица 1.1) [5, 15, 36, 78, 91, 97, 134, 144, 150].

Таблица 1.1 – Средние стоимость и годовая загрузка некоторых сельскохозяйственных машин (разработчик и производитель ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш»).

Наименование сельскохозяйственной техники	Средняя стоимость в рублях на 05.12.2023	Средняя годовая загрузка в часах
Борона тандемная дисковая RSM DX-850	2 578 900	170
Комбайн зерноуборочный NOVA	8 691 120	115
Комбайн зерноуборочный Vector 410 (425) PCM-101, полный привод	10 132 680	120
Комбайн зерноуборочный PCM-142 "ACROS-550"	10 341 720	120
Комбайн зерноуборочный PCM-181 "TORUM 750"	17 764 680	155
Комбайн кормоуборочный Дон-680М PCM-100 «Дон-680М»	5 562 600	170
Комбайн кормоуборочный RSM F PCM-200«RSM F 2450»	18 537 720	170
Косилка валковая транспортная KBT 7-14	2 099 880	75
Косилка самоходная универсальная KSU-1	8 238 240	175
Культиватор для сплошной обработки Серия R	550 000	200

После завершения работ, связанных с производством сельскохозяйственной продукции, объект СХТ необходимо очистить от

остатков растений, технологических загрязнений, вымыть [31, 46, 74, 75, 76, 77], провести работы по консервации узлов и агрегатов, а затем поставить на длительное хранение [4, 159]. В период длительного хранения объект СХТ фактически находится под воздействием окружающей атмосферы. Воздействие окружающей атмосферы существенно влияет на изменения физико-химических свойств таких конструкционных материалов как резина, кожа, дерево, металл, текстиль, пластмасса и др. Подобные изменения, как правило, вызывают негативные последствия и ухудшают эксплуатационные свойства объекта СХТ [108, 109, 114, 164, 165].

Окружающая атмосфера состоит в основном из газов и различных твердых и жидких примесей – аэрозоли естественного и антропогенного происхождения (пыль, капли воды, кристаллы льда, морские соли, продукты горения) и при этом является бесконечно действующим носителем агрессивных коррозионных реагентов. Концентрация газов, у поверхности Земли, составляющих атмосферу практически постоянная, за исключением воды (H_2O) и углекислого газа (CO_2). Почти все компоненты атмосферы оказывают свое влияние на протекание коррозионных процессов, а также могут усиливать действия друг друга. Наибольшее влияние на протекание процессов коррозии оказывают влага и кислород [108, 126, 152].

В сухом воздухе возникает химическая коррозия из-за окисления металлов кислородом. Химическая коррозия протекает медленно. Повышенная относительная влажность приводит к появлению атмосферной (электрохимической) коррозии. Развитие атмосферной коррозии начинается при относительной влажности свыше 60%, так как только в этом случае при резких перепадах температуры воздуха происходит выпадение росы на поверхности объекта СХТ, то есть образуется электролит [108, 152].

На протекание атмосферной коррозии существенное влияние оказывает кислород. Концентрация кислорода в электролите и условия диффузии становятся основными факторами, определяющими скорость атмосферной коррозии. Тем не менее, не следует забывать и о том, что на участках

металла, к которым затруднен доступ кислорода, разрушение наблюдается в первую очередь. По этой причине коррозия возникает под грязью, на участках плохо проваренных швов и др. Из морей и океанов в атмосферу попадают и увеличивают электропроводность пленок электролита различные соли, повышая тем самым скорость атмосферной коррозии [108, 152].

Существенное влияние на интенсивность протекания процессов коррозии оказывают и промышленные газы. Так, например, среди промышленных газов наиболее агрессивным считается сернистый газ (SO_2). Наличие в атмосфере даже небольшого количества сернистого газа увеличивает скорость коррозии примерно в 10 раз [108, 122, 149, 152].

Интенсивность коррозии возрастает, если поверхность детали будет покрыта пылью. Твердые частицы пыли, оседая на металлических поверхностях, способствуют образованию пленки влаги, вследствие этого скорость коррозии увеличивается. Скорость атмосферной коррозии также зависит и от температуры. При низкой температуре коррозия практически прекращается, а с повышением температуры возрастает на 1-3% на каждый градус [108, 152].

Кроме того, наличие в воздухе пыли и газов, способных абсорбировать молекулы воды, увеличивает вероятность образования капель воды в воздухе, поскольку частицы становятся центрами конденсации [50].

В период длительного хранения объекта СХТ атмосфера оказывает также неблагоприятное влияние и на неметаллические материалы, такие как резина, кожа, дерево, текстиль, пластмасса, лакокрасочные покрытия и др. В наибольшей степени изменяют свои свойства резиновые изделия. Старение резины происходит в результате окисления. Скорость старения резинотехнических изделий в значительной степени зависит также от воздействия температуры и солнечной радиации. Пластичные материалы стареют под воздействием тех же факторов. В результате старения происходит изменение массы и размеров деталей, ухудшение

диэлектрического свойства и прочности. Это является основной причиной потери работоспособности электронных устройств [108, 152].

Главными причинами разрушения лакокрасочных материалов является ультрафиолетовая часть спектра солнечной радиации и атмосферная влага. Разрушение окрашенных поверхностей происходит за счет снижения качества самой пленки. Со временем лакокрасочное покрытие начинает набухать, отслаиваться и становится проницаемым для влаги [35, 108, 152].

Основным видом разрушения металлических деталей является электрохимическая коррозия. Для ее протекания необходимы электролит, который может образоваться на поверхности деталей в виде мельчайших капелек атмосферной влаги, а также анодные и катодные участки. Анодные и катодные участки на поверхности детали образуются не только за счет соприкосновения разных материалов, но и неодинаковой по качеству обработки поверхностей одной и той же детали, различного допуска кислорода к поверхностям и др. Практически микрогальванические пары возникают повсюду, где на металле имеются капельки воды [34, 108, 152].

Анализ причин отказов и неисправностей деталей, узлов и агрегатов различных объектов СХТ, выходящих из строя в процессе длительного хранения, показал, что они обусловлены как низким качеством выполненных работ по подготовке машины к хранению [61, 110], так и воздействием климата и его составляющих. Под климатом понимают многолетний режим погоды, наблюдаемой в данной местности. Он зависит от географической широты местности, общей циркуляции атмосферы (циклоны, антициклоны и др.), высоты над уровнем моря, защищенности местности горами, удаленности от моря или океана. Климат характеризуется солнечной радиацией, температурой, влажностью воздуха, ветровыми нагрузками и осадками. Каждый из этих факторов климата оценивается годовым и суточным ходом показателей в раздельном или комплексном виде, а также вероятностью повторения тех или иных случаев погоды за определенный период. Наиболее опасными факторами климата, воздействующими на

надежность, деталей и узлов объекта СХТ, являются солнечная радиация, осадки и выпадение росы, причем выпадение росы, в основном, наблюдаются в вечерние, ночные и утренние часы [37, 89, 108, 138, 154]. Причем процесс выпадения росы протекает лучше всего в безветренную или тихую погоду со слабым ветром, скорость которого по шкале Бофорта не более 0,5 м/с. Вместе с тем, ветер, скорость которого более 3 м/с, является препятствием для образования конденсата. Так как при турбулентном перемешивании воздушных масс, влажный воздух с поверхности земли поднимается выше в атмосферу [1, 97].

Таким образом, для обеспечения готовности СХТ возникает необходимость в применении на местах ее хранения эффективных средств консервации [26, 66, 67, 68, 73, 83, 162], обеспечивающих надежную защиту от вредного воздействия окружающей атмосферы на весь период, например, длительного хранения, что требует дополнительных затрат труда и материальных ресурсов. Поэтому существует реальная потребность в разработке перспективных способов оптимизации проведения технического обслуживания и ремонта СХТ, в том числе хранения техники с применением универсальных и не дорогих укрытий, позволяющих обеспечить качественное хранение с наименьшими затратами [18, 62, 158].

1.2 Характеристика процесса коррозии металлов деталей и узлов сельскохозяйственной техники

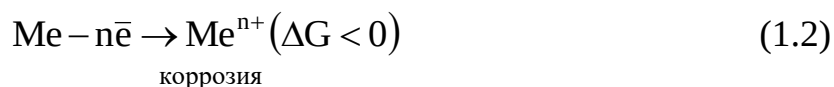
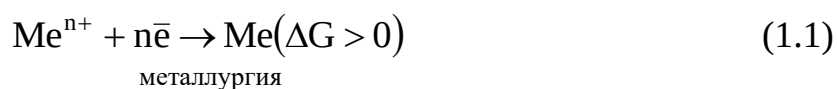
Именно металлы и их сплавы являются основными конструкционными материалами при создании современной техники. Металлы и их сплавы – это материалы, которые соединяют в себе много важных технологических качеств. Например, твердость, прочность, ударная вязкость, электро- и теплопроводность. Также высокая степень обрабатываемости – ковкость, гибкость и т.д. [48, 103, 115].

Коррозия – это процесс самопроизвольного разрушения металла вследствие физико-химического взаимодействия его с окружающей средой

[79, 99]. Обычно процессу коррозии подвергаются металлы, которые в природе встречаются не в естественном виде, а в виде различных соединений. Так, например, гематит (красный железняк) – достаточно хорошо известный минерал железа Fe_2O_3 , одна из основных железных руд. Магнетит (магнитный железняк) – хорошо известный минерал черного цвета из класса оксидов, природный оксид железа (II, III) – $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$. Магнетит также как и гематит является одной из важнейших железных руд. Гидратированный оксид, лимонит (бурый железняк) – представляет собой смесь гидратов железа (III). Сфалерит (цинковая обманка) – минерал класса сульфидов, сульфид цинка. Молибденит – мягкий свинцово-серый минерал с жирным металлическим блеском, сульфид молибдена – MoS_2 . Пирит (серный колчедан или железный колчедан) – минерал, дисульфид железа химического состава FeS_2 и т.д. [33, 55, 109].

Выделение этих металлов из природных соединений, например, в доменном процессе, при гидро- и электрометаллургическом получении, требует значительных затрат энергии, которая накапливается в них в виде свободной энергии Гиббса (G).

Поэтому возврат чистых металлов в окисленное состояние протекает с освобождением энергии и совершается самопроизвольно:



Следовательно, металлическое состояние для большинства металлов термодинамически неустойчиво. Исключение составляют только золото, серебро, платина, ртуть, то есть те металлы, которые встречаются в природе в свободном виде. Сущность коррозионных процессов сводится к переходу металлов в термодинамически более стабильные продукты: оксиды, гидроксиды, соли и др. Известно, что термодинамическая стабильность химических соединений определяется знаком и величиной изменения

энергии Гиббса (G) при образовании их из простых веществ. Пусть G_1 относится к исходным веществам, а G_2 – к продуктам реакции. Тогда $G_2 - G_1 = \Delta G$. Если $G_1 > G_2$ и $\Delta G < 0$, то соответствующее соединение стабильно [44, 79, 87, 104].

Термодинамические расчеты показывают, что оксиды золота, серебра, платины термодинамически не стабильны в стандартных условиях. По этой причине данные металлы не корродируют, если только условия их использования не слишком отличаются от природных. О термодинамической стабильности различных металлов можно заключить на основе расчета изменения энергии Гиббса конкретного коррозионного процесса.

Устанавливая принципиальную возможность коррозионного разрушения, термодинамика ничего не говорит о его скорости. Между тем, с практической точки зрения, именно скорость коррозионного процесса играет решающую роль. Так, использование металла в качестве конструкционного материала в данной среде возможно только в том случае, если процесс окисления достаточно заторможен. Скорость окисления не связана непосредственно с величиной $-\Delta G^0$, а зависит от кинетических факторов.

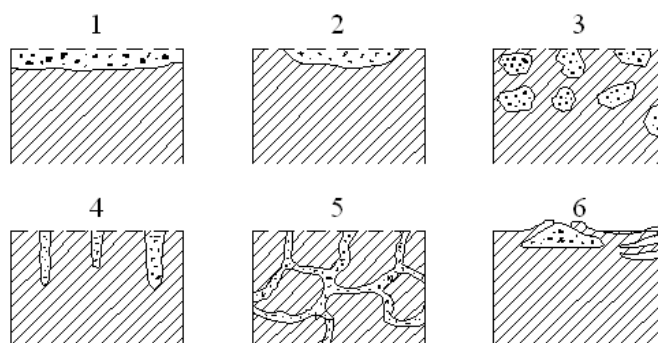
Коррозия в зависимости от свойств самого металла, окружающей среды и иных условий является причиной различных видов разрушений. На рисунке 1.1 представлены разрезы через прокорродировавшие опытные образцы листового материала, которые показывают, как может изменяться рельеф поверхности в результате процесса самопроизвольного разрушения металла [79, 104].

По характеру распространения разрушений коррозию металла классифицируют на равномерную и неравномерную [19, 41, 78, 79, 99, 135].

К равномерной относится коррозия, при которой поражена примерно в одинаковой степени вся поверхность металла. Данный вид самопроизвольного разрушения металла очень часто равномерно распространяется по всей поверхности детали. Причем в наибольшей степени

коррозия под открытым небом представляет собой именно такой вид разрушения металла.

Неравномерная коррозия – это процесс самопроизвольного разрушения металла, который, во-первых, гораздо более опасный, чем равномерная коррозия, так как появляется и прогрессирует на поверхности металла в виде отдельных очагов так называемых язв, а во-вторых, на локальных участках поверхности металлической детали корродирует достаточно глубоко, при этом вся остальная поверхность детали остается не поврежденной.



1 – равномерная; 2 – неравномерная; 3 – избирательная; 4 – коррозия точками (питтинг); 5 – межкристаллитная; 6 – подповерхностная

Рисунок 1.1 – Виды коррозионных разрушений [79, 104].

Опасным видом самопроизвольного разрушения металла является питтинговая (точечная) коррозия. Такой вид коррозии мало заметен для невооруженного глаза и проникает достаточно на большую глубину металлической детали. Деталь как будто бы истыкана тонкой иглой.

Другим видом самопроизвольного разрушения металла является межкристаллитная коррозия. Это такой вид коррозии, при котором разрушение металла происходит внутри него по границам кристаллов. Причем визуально деталь остается без изменений. Однако если по детали сильно ударить, то она разлетится на мелкие кусочки. В частности, такому виду коррозии подвергаются медные сплавы, бронза, латунь, чугун и нержавеющие стали.

К очень опасным видам самопроизвольного разрушения металла относится избирательная коррозия. При данном виде коррозии разрушение

металла происходит внутри него по границам кристаллов только одного компонента сплава. Например, сплав из цинка и меди.

Коррозионные процессы очень многообразны. Они имеют ряд особенностей в зависимости от условий их протекания, существенно различаются по характеру коррозионных разрушений и механизму протекания реакций. Поэтому существует несколько способов их классификации. Представленная выше классификация коррозии металла само собой является условной и неполной. Так как существуют и другие многочисленные формы самопроизвольного разрушения металла, которые лежат между основными видами [19, 36, 79, 99]. Общая классификация коррозии металла представлена на рисунке 1.2.

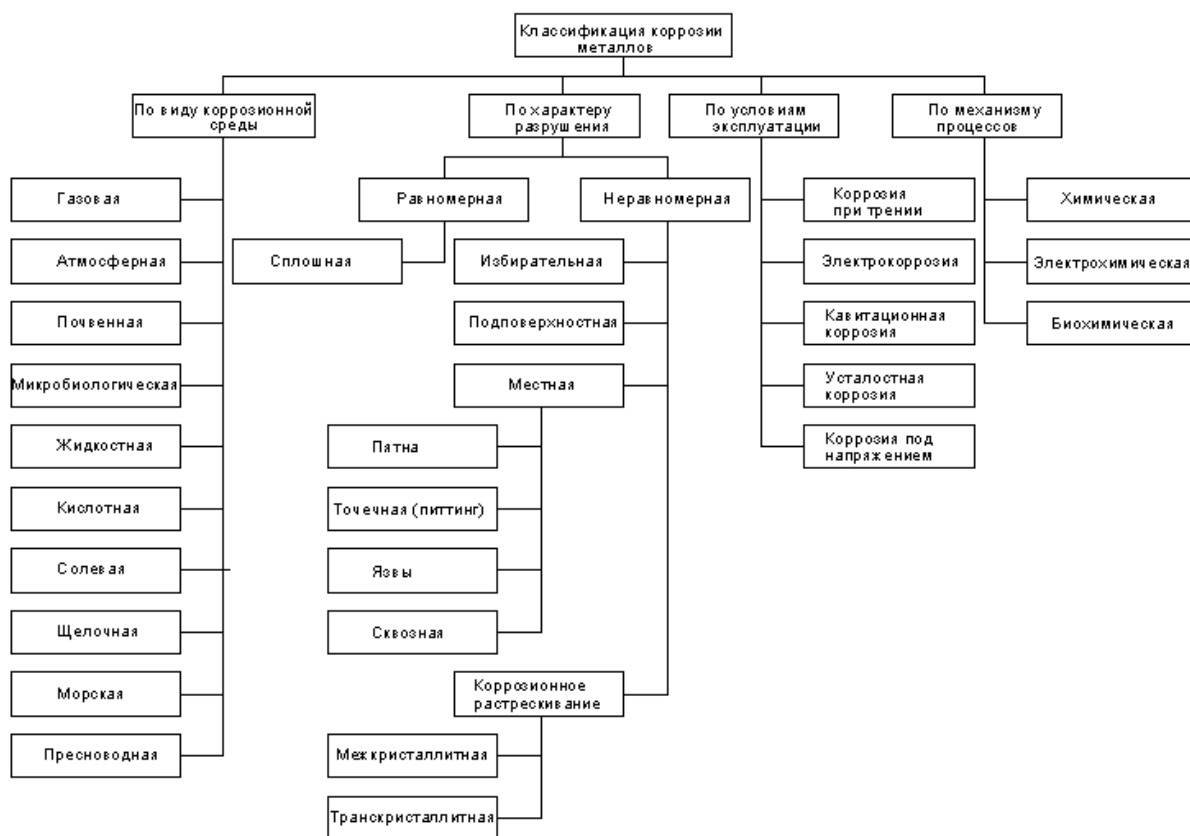


Рисунок 1.2 – Классификация коррозии металла [79, 104].

Следует отметить и то, что в тех местах, в которых доступ кислорода резко ограничен (зазоры, щели, трещины и т.д.), нередко возникает и развивается так называемая щелевая коррозия, например, во фланцевом соединении труб, где присутствуют застойные зоны.

Глубинный показатель характеризует проникновение коррозионного разрушения. Распространенная единица глубинного показателя коррозии – $\left[\frac{\text{мм}}{\text{год}} \right]$. Вычислить глубинный показатель коррозии (K_r) можно по формуле:

$$K_r = \frac{d}{\tau}, \quad (1.4)$$

где d – глубина проникновения [мм];

τ – время, [год].

Объемный показатель (K_v) – это объем выделившегося или поглощенного газа с единицы поверхности в единицу времени и выражается

$$в \left[\frac{\text{л}}{\text{м}^2 \cdot \text{сут}} \right].$$

$$K_v = \frac{\Delta V}{S \cdot \tau}, \quad (1.5)$$

где ΔV – объем, [л];

S – исследуемая поверхность, [м²];

τ – время, [сут].

В зависимости от характера коррозионного процесса объемный показатель может быть:

K_{H_2} – водородный показатель, выделенный газ – водород;

K_{O_2} – кислородный показатель, поглощенный газ – кислород.

Токовый показатель коррозии (K_I) – это плотность тока, соответствующая скорости данного коррозионного процесса представляет суммарную силу тока всех коррозионных пар, функционирующих на поверхности металла. Она выражается в единицах плотности тока, $\left[\frac{\text{А}}{\text{м}^2} \right]$.

$$K_I = \frac{I}{S}, \quad (1.6)$$

где I – ток [А];

S – исследуемая поверхность $[м^2]$.

При наличии точечной коррозии определяющим фактором является глубина поражения. При чисто питтинговой коррозии массовый показатель не применяется для оценки скорости коррозии, т.к. при питтинговой коррозии могут быть глубокие повреждения при ничтожной потере массы. При смешанной коррозии один из способов учета – это введение поправки при питтинге. Питтинговый фактор (f) можно рассчитать по формуле:

$$f = \frac{p}{d}, \quad (1.7)$$

где p – максимальная глубина коррозии (в точках питтинга), $[мм]$;

d – глубина равномерной коррозии между питтингом $[мм]$.

При отсутствии питтинга $f = 1$. При смешанной коррозии $f > 1$, и выражение для глубинного показателя коррозии имеет следующий вид:

$$K_r = \frac{0,365 \cdot f \cdot K_m}{\rho}, \quad (1.8)$$

где ρ – плотность металла, $\left[\frac{г}{см^3} \right]$.

В настоящее время определение показателей коррозии и коррозионной стойкости производится в соответствии с ГОСТ 9.908-85. Основой большинства таких показателей является время достижения заданной (допустимой) степени коррозионного поражения металла в определенных условиях.

Принято классифицировать процессы коррозии металла по механизму на [19, 79, 99]:

1) химическую коррозию – это самопроизвольное разрушение металлов в среде окислительного газа или в жидких не электролитах (вещества, которые не распадаются на ионы в растворах и расплавах, а значит, не проводят электрический ток в растворенном виде);

2) электрохимическую коррозию – это самопроизвольное разрушение металлов в газовой атмосфере, когда на поверхности детали возможно

выпадение росы (атмосферная коррозия), в почвах (почвенная коррозия) и в любых растворах электролитов (жидкостная коррозия). Иными словами, электрохимическая коррозия – это процесс растворения металла, который сопровождается возникновением внутри системы электрического тока. Причем движение заряженных частиц в определенном направлении возникает при взаимодействии металла с коррозионной средой, например с раствором электролита, а не за счет внешнего источника ток;

3) Биокоррозия – это самопроизвольное разрушение металлов, которое происходит под воздействием продуктов жизнедеятельности микроорганизмов.

Важно отметить то, что электрохимическая коррозия встречается очень часто и гораздо опаснее для металлических изделий. В зависимости от характера окружающей среды и условий протекания электрохимическая коррозия подразделяется на несколько видов, а именно атмосферная коррозия, почвенная коррозия и коррозия в растворах электролитов. Атмосферная коррозия является наиболее распространенным видом электрохимической коррозии.

По существу, электрохимическая коррозия является работой микрोगальванических пар. На практике самопроизвольное разрушение переносят по большей части так называемые технические металлы, т.е. металлы, которые чаще применяются в промышленности и содержат в себе добавки других металлов, а также различных веществ без свойств и внешних признаков металлов.

Точно такой же процесс самопроизвольного разрушения металлов протекает и при таких обстоятельствах, когда во взаимодействии между собой оказываются мельчайшие кристаллики разных металлов, как чаще всего это бывает в сплавах. В этих условиях на поверхности металла образуется большое число мельчайших гальванических пар, при котором происходит разрушение только одного компонента сплава.

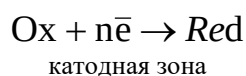
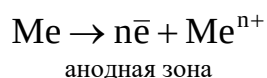
Из этого следует, что процесс электрохимической коррозии является результатом действия огромного количества микрогальванических пар.

Статистические данные показывают, что около 70 % металлоконструкций испытывают на себе негативное воздействие атмосферной коррозии [118]. Это, в частности, связано с тем, что значительное количество таких металлоконструкций находится под открытым небом (рисунок 1.3). Кроме того, принято считать, что активная фаза атмосферной коррозии начинается при относительной влажности воздуха свыше 60 %, так как в более сухом воздухе процессы самопроизвольного разрушения металлов практически не протекают [109].



Рисунок 1.3 – Очаги коррозионного разрушения на элементах конструкции сельскохозяйственной техники

Общую схему электрохимического коррозионного процесса можно представить в таком виде [87, 79]:



где Ox – окисленная форма депполяризатора; Red – восстановленная форма депполяризатора.

Эти две самостоятельные стадии процесса коррозии – анодная и катодная – точно сбалансированы, т.е. все электроны, освобождаемые при ионизации металла на анодном участке поверхности, должны быть связаны в катодном процессе.

Электронная проводимость металла и ионная проводимость раствора электролита позволяют анодным и катодным процессам одновременно протекать на различных участках поверхности металла.

Сам металл выполняет роль внешней цепи, по нему электроны перетекают с анодных участков на катодные. В электролите идет перенос ионов: анионы движутся к анодным участкам, катионы – к катодным. Деполяризатор D поглощает электроны (рисунок 1.4).

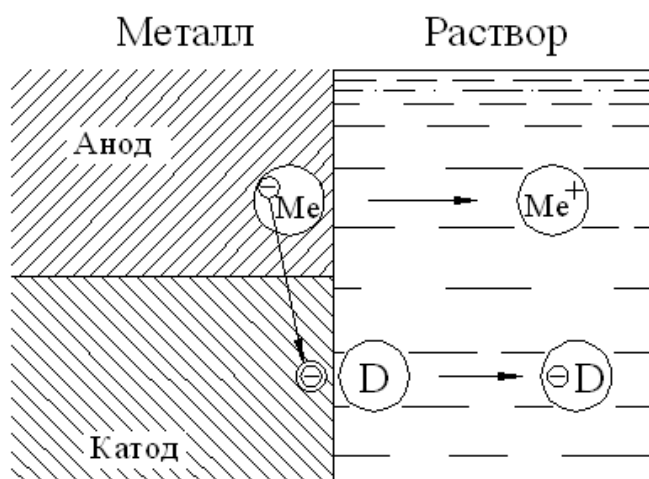


Рисунок 1.4 – Схема работы коррозионного элемента [79]

Какими же причинами может быть вызвано разделение поверхности металла на анодные и катодные участки, приводящие к возникновению гальванических пар? Имеются следующие факторы, вызывающие возникновение электрохимической гетерогенности металлической поверхности [40, 79, 87].

1. Неоднородности металлической фазы. Ее причинами могут быть присутствие металлических и неметаллических включений. Контакты или включения с положительным электродным потенциалом будут являться катодами. Неоднородность металлической фазы часто вызывает дефекты

структуры оксидной пленки на поверхности металла (участки, не покрытые оксидной пленкой – аноды) или же не равномерное распределение продуктов коррозии (например, участки под ржавчиной – более анодные). Важную роль играют механические напряжения и деформация металла. Как правило, более напряженные участки являются анодами.

2. Неоднородность жидкой фазы, в которой протекает коррозионный процесс. Так, различие в концентрации собственных ионов металла в электролите приводит к возникновению концентрационного гальванического микроэлемента. Не равномерный доступ кислорода или же других окислителей к отдельным участкам поверхности металла (дифференциальная аэрация) также приводит к возникновению на поверхности металла коррозионных пар (так называемая аэрационная коррозия). Участки, омываемые раствором с меньшей концентрацией кислорода или окислителя, будут анодами.

3. Различие физических условий, например, разная температура у различных участков корродирующей поверхности. Более нагретые участки будут анодами.

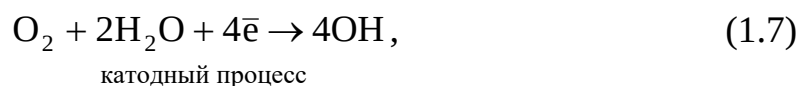
Следовательно, причины возникновения электрохимической неоднородности поверхности металла могут быть самыми различными. Поэтому коррозия металла возможна и при отсутствии примесей в нем.

К числу факторов, влияющих на скорость атмосферной коррозии, не меньшую роль, чем степень влажности воздуха, играет состав пленки, сконденсированной на металлической поверхности. Состав пленки и степень ее агрессивности зависят от степени загрязненности воздуха и характера этих загрязнений. Наиболее коррозионно-активными являются сильно загрязненные промышленные атмосферы, наименее активными – чистые и наиболее сухие континентальные атмосферы [36, 79].

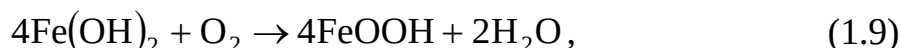
Промышленный воздух бывает, насыщен различными агрессивными газами, загрязнен твердыми частицами солей, пылью. Такие газы, как CO_2 , SO_2 , NO_2 , NH_3 , H_2S и др. содержатся в атмосфере больших городов и

промышленных центров в большом количестве. Эти вещества, растворяясь в пленках влаги и атмосферных осадках, превращаются в растворы кислот, щелочей, солей и представляют большую опасность для металлических конструкций. Так, по опубликованным данным, только один мартеновский цех одного из металлургических заводов за сутки выбрасывает в атмосферу не менее 750 кг серы в SO_2 [47, 79, 163].

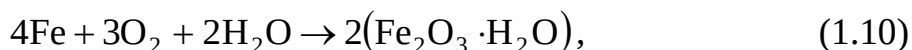
Состав и свойства продуктов коррозии металлов также влияют на скорость коррозионного процесса. Так, продукты коррозии алюминия и свинца обладают защитными свойствами, а продукты коррозии железа не обладают. Железо во влажной атмосфере корродирует по такой схеме [79]:



Ионы OH^- образуют с ионами железа $\text{Fe}(\text{OH})_2$, который окисляется кислородом воздуха до гидроксида железа (III) или оксигидроксида [79]:



Соединение FeOOH (оксигидроксид) или $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ по составу приблизительно соответствует наиболее часто встречающейся ржавчине. Вообще состав продуктов ржавления не всегда одинаков и зависит от условий, в которых происходит коррозия. Упрощенно процесс ржавления железа можно представить уравнением [79]:



Поскольку коррозия технических металлов протекает в основном по механизму электрохимических реакций, то при защите металлов от коррозии, нужно в первую очередь исходить из таких мер, которые были бы направлены на подавление этих реакций. Одной из таких мер является

защита металлов от воздействия на них атмосферной влаги и осадков. В результате процесса испарения в воздух поступает водяной пар. В атмосферном воздухе всегда имеется то или иное количество водяного пара. Содержание водяного пара в воздухе называется влажностью воздуха. Основными показателями, характеризующими влажность воздуха, являются: абсолютная влажность, относительная влажность и точка росы. Абсолютная влажность – это количество водяного пара, содержащегося в единице объема воздуха. Относительная влажность – это относительная величина, выражающаяся в процентах и показывающая отношение количества водяного пара, содержащегося в единице объема воздуха, к его максимальному количеству, которое может содержаться в том же объеме воздуха при данной температуре (состояние насыщения). Точка росы – это температура, до которой должен охладиться воздух, чтобы находящийся в нем водяной пар достиг состояния насыщения (при условии неизменной абсолютной влажности и давлении воздуха). Совпадение точки росы с температурой воздуха, при которой наблюдается 100% относительной влажности, приводит к конденсации водяного пара, содержащегося в воздухе, и появлению росы, инея (при отрицательных температурах), тумана и облаков. Облака образуются в результате конденсации водяного пара, содержащегося в атмосферном воздухе, который, поднимаясь вверх, охлаждается. выпадающие из облаков осадки по физическому состоянию бывают жидкими (дождь) и твердыми (град, снег), а по характеру выпадения – морозящими, обложными и ливневыми. Кроме того, их различают по генезису (происхождению): конвективные, фронтальные и орографические. Конвективные осадки выпадают из облаков, образовавшихся в результате интенсивного испарения, они наиболее характерны для жаркого пояса. Фронтальные осадки – из облаков во фронтальной зоне, где сталкиваются холодные и теплые воздушные массы. Орографические осадки – из облаков, образующихся на наветренных склонах гор [2, 40, 130, 131].

Применение теплового устройства хранения техники позволит исключить проникновение атмосферных осадков к деталям и узлам изолируемого объекта СХТ и выпадение росы, вызванного стремительным понижением температуры воздуха до значений точки росы и ниже.

1.3 Характеристика процесса старения полимеров деталей и узлов сельскохозяйственной техники

В современном мире отрасли машиностроения, производящие всевозможные машины, орудия, приборы, а также предметы потребления и продукцию оборонного назначения уже не могут обойтись без применения специальных химических веществ, состоящих из высокомолекулярных соединений. Они также нашли своё широкое применение и в сельскохозяйственном машиностроении [84].

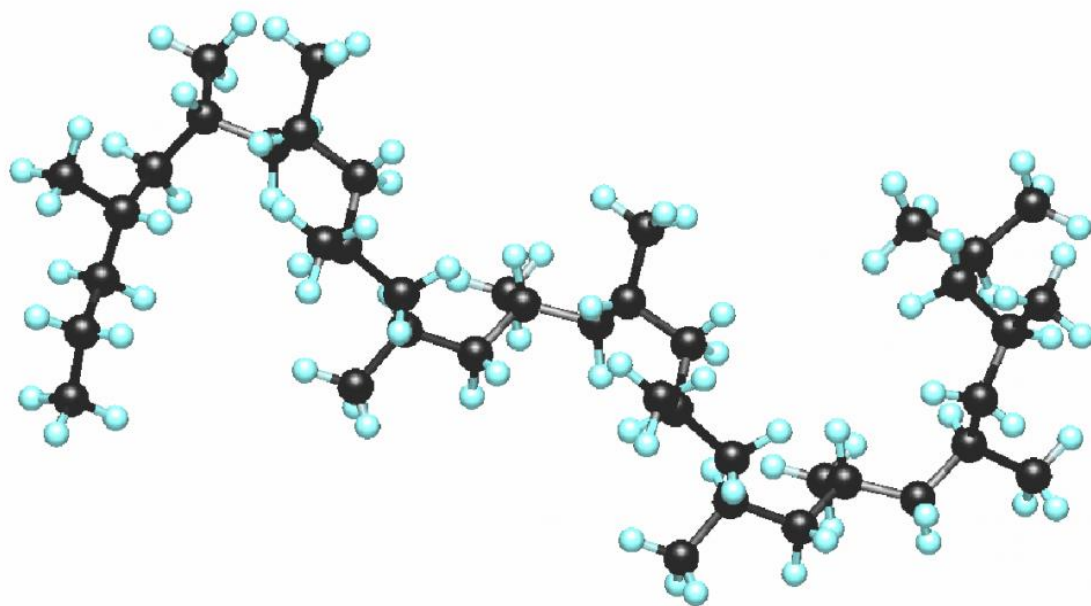


Рисунок 1.5 – Фрагмент макромолекулы полипропилена [147]

Специальными химическими веществами, состоящими из высокомолекулярных соединений, являются синтетические или искусственные полимеры (полиэтилен, пенополиуретан, полиамид, полипропилен, поливинилхлорид, синтетический каучук и др.) [84].

Массовое применение синтетических полимеров в сельскохозяйственном машиностроении касается в основном

конструктивного усовершенствования отдельных элементов и механизмов сельскохозяйственной машины. Это выражается, в первую очередь, в том, что, во-первых, резко снижаются такие показатели, как материальные затраты и трудовые ресурсы на изготовление отдельных элементов и механизмов сельскохозяйственной машины. Во-вторых, появляется возможность изготовления различных легких деталей со сложными поверхностями, что позволяет снизить уровень шума их работы. В-третьих, открывается перспектива разработки современного внешнего вида машин, связанных с производством сельскохозяйственной продукции [84, 111, 116].

Тем не менее, синтетические полимеры подвержены негативному воздействию таких факторов, как температура, свет, радиация, вода, кислород, химически активные реагенты и механические нагрузки. Причём воздействие на синтетические полимеры такого характера наносят им непоправимый вред, который выражается либо в разрушении связей основной цепочки молекул синтетического полимера (деструкция), либо, наоборот, вызывает сшивание цепочек (структурирование). Конечно же, преобразования молекулярной структуры синтетического полимера такого рода влекут за собой и изменения их эксплуатационных свойств. Так, например, теряется эластичность синтетических полимеров, а вместе с этим теряется их способность сопротивляться деформации при внешнем воздействии. Также понижается степень сопротивляемости синтетических полимеров к разрушению при механических воздействиях, причем без образования заметной пластической деформации, что снижает способность противостоять разрушению под воздействием механических сил. Далее ухудшаются диэлектрические показатели, происходят изменения цвета, гладкая поверхность становится шероховатой, а иногда и вовсе на ней появляется слой вещества в виде порошка [9, 11, 69, 88, 119].

Негативные преобразования молекулярной структуры синтетических полимеров во времени называют старением (Рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Фрагмент автомобильной шины с признаками озонного старения

Знание механизма и закономерностей деструкции дает возможность усилить или ослабить ее по желанию в зависимости от поставленной задачи. Так, например, химическая деструкция лучше всего изучена и наиболее часто наблюдается у гетероцепных полимеров (полимеры, макромолекулы которых содержат в основной цепи разнородные атомы двух или более видов – это полиамиды, полиуретаны, поликарбонаты и др.); она протекает избирательно за счет разрыва связи между углеродом и гетероатомом. Конечным продуктом реакции является мономер [157].

По характеру продуктов распада различают деструкцию по закону случая и деполимеризацию [157].

Негативные преобразования молекулярной структуры синтетических полимеров, которые возникают в процессе их старения, могут проходить по следующим механизмам: радикальному, ионному, молекулярному. Так, например, применение синтетических полимеров в природных условиях, в космосе (пространство, которое окружает нашу планету Земля), а также при попадании на них потока частиц, образовавшихся во время ядерных реакций или радиоактивного потока, вызывают в синтетических полимерах процессы старения, которые протекают в них по радикальному механизму. В случае

воздействия на синтетические полимеры химически активных реагентов, а также применение их в средах, которые отличаются высокой степенью агрессивности, вызывают в них процессы старения, которые протекают по ионному механизму [9, 11].

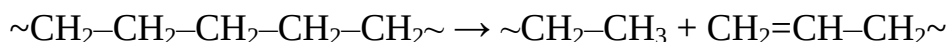
Основная причина негативного преобразования молекулярной структуры синтетических полимеров, которые возникают в процессе их старения, – это воздействие на них кислорода, причем увеличение температуры только усиливает влияние кислорода. Также воздействие кислорода на синтетические полимеры нередко возрастает и усиливается под действием света, а также примесей разного рода металлов со способностью атомов образовывать попеременно определенное количество химических связей, которые образует атом [9, 11].

Металлы со способностью атомов образовывать попеременно определенное количество химических связей, которые образует атом, могут оказаться в составе синтетических полимеров в результате разрушения промышленного оборудования, на котором осуществляется процесс соединения цепей их молекул, а также в результате не полного извлечения катализатора из них. По типу катализатора и базового фактора выделяют следующие виды негативного преобразования молекулярной структуры синтетических полимеров, которые возникают в процессе их старения: тепловое, термоокислительное, световое, атмосферное (озонное), радиационное и механические нагрузки [9, 11, 42, 45, 63, 128, 139, 140].

Развитие негативного преобразования молекулярной структуры синтетических полимеров, которые возникают в процессе их старения, напрямую зависит от химического строения цепочек этих полимеров. Так, например, определенная категория синтетических полимеров, которую получают путём полимеризации виниловых мономеров по большей части подвержены разрушению, а диеновые напротив сшиванию. Так или иначе, при каждом случае негативного преобразования молекулярной структуры синтетических полимеров, которые возникают в процессе их старения,

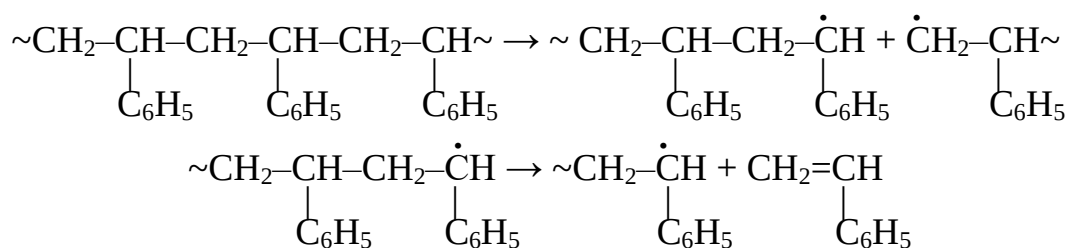
повреждение молекул этих синтетических полимеров возникает именно в тот момент, когда в отдельных участках цепочки концентрируется энергия, которая превышает энергию обычной связи C – C. При этом энергия обычной связи C – C равна 305 кДж/моль. Именно это и является основной причиной негативного преобразования молекулярной структуры синтетических полимеров, которые возникают в процессе их старения, а именно преобразования молекулы синтетического полимера во фрагменты молекулы синтетического полимера, содержащие свободную валентность [9, 11].

Тепловое негативное преобразование молекулярной структуры синтетических полимеров, которое возникает в процессе их старения, заключается в том, что происходит разрушение молекул синтетических полимеров под воздействием на них довольно высоких температур, причем одна часть синтетических полимеров повреждается с образованием коротких цепочек различного рода строения (полиэтилен, полипропилен), другие с образованием мономера (полиметилметакрилат, полиизобутилен, поли- α -метилстирол). Деструкция первых протекает по закону случая (статистически) [11]:



При этом из одной макромолекулы образуется, по крайней мере, две, причем длина возникших цепей может быть самой неопределенной.

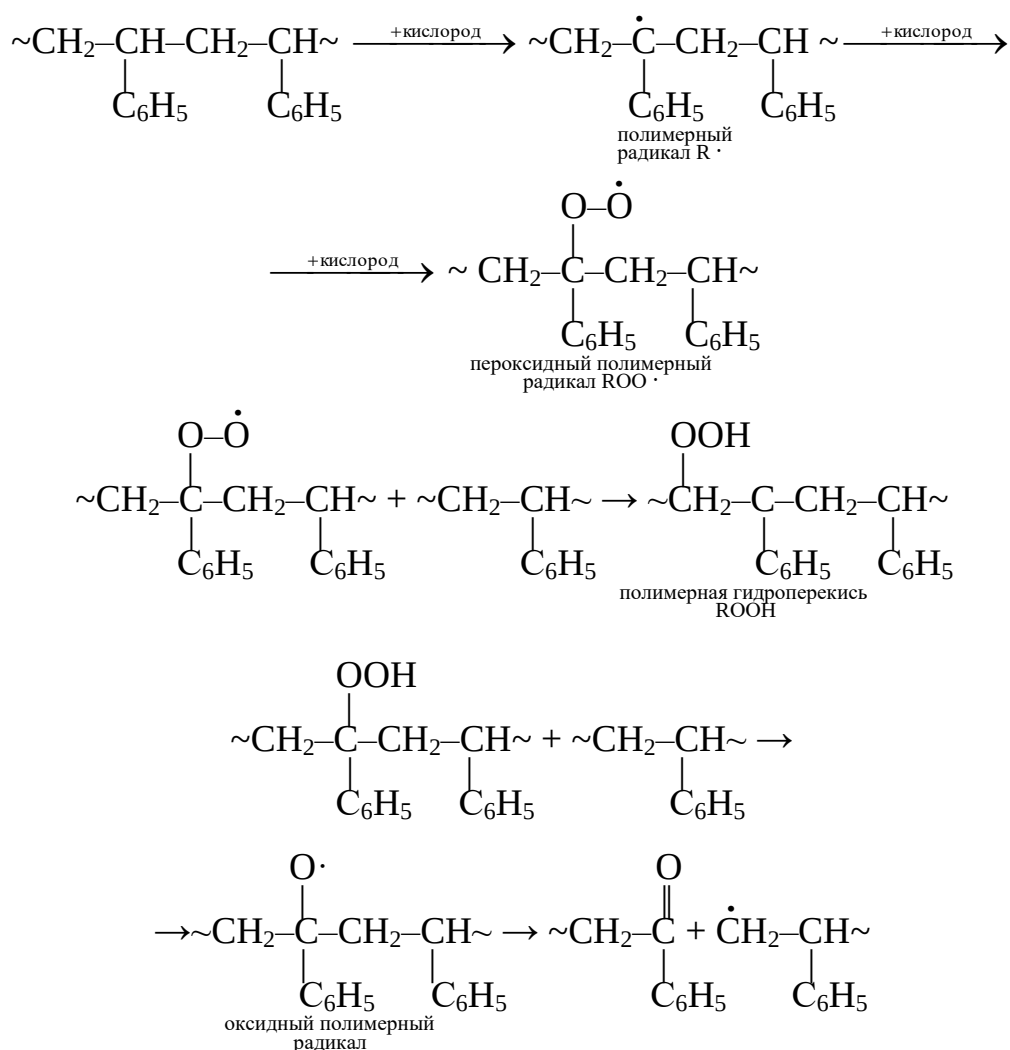
Деструкция вторых протекает по закону деполимеризации, то есть с образованием низкомолекулярного вещества – исходного мономера (реже ди- и тримера):



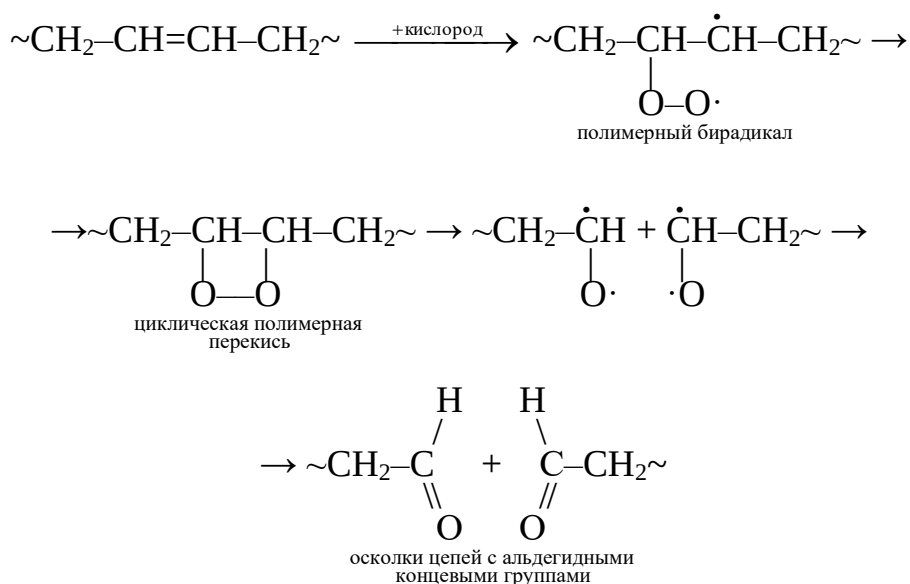
Реакции деполимеризации подвержены синтетические полимеры, в цепях которых содержится третичный или четвертичный атом углерода.

Термоокислительное негативное преобразование молекулярной структуры синтетических полимеров, которое возникает в процессе их старения, заключается в том, что происходит разрушение молекулы синтетических полимеров при совокупном воздействии на них в достаточной мере высоких температур и кислорода, причем наличие кислорода в значительной степени ослабевает устойчивость синтетических полимеров к влиянию на них тепла. Так, например, температура разложения полистирола в вакууме, равная 220°C, снижается до 100°C в воздушной среде [9, 11].

Первичными продуктами термоокисления являются полимерные гидроперекиси, которые при распаде образуют свободные радикалы, вследствие чего процесс развивается по цепному механизму и является автокаталитическим:



Полимеры, макромолекулы которых не содержат С=С-связей, более устойчивы к термоокислительной деструкции, чем, например, полидиены, содержащие не насыщенные связи (соединения). Это объясняется легкостью прямого присоединения кислорода к С=С-связям и образованием очень не устойчивых напряженных циклических перекисей:



При термоокислительной деструкции происходит образование больших количеств различных низкомолекулярных кислородосодержащих веществ: воды, кетонов, альдегидов, спиртов, кислот.

Световое негативное преобразование молекулярной структуры синтетических полимеров, которое возникает в процессе их старения, заключается в том, что происходит разрушение молекул под воздействием на них света. Особенно глубокое разрушение синтетических полимеров возникает при воздействии на них ультрафиолетового излучения в коротковолновом диапазоне невидимой области спектра с длиной волны $\lambda = 0,17 - 0,35$ мкм. Энергия частицы электромагнитного излучения превышает энергию обычной связи С – С и не находится в зависимости от температуры. Благодаря этому световое разрушение молекул способно протекать даже при довольно низких температурах, возрастая и ускоряясь при воздействии кислорода. Особенно интенсивно деструктируют полимеры, содержащие группы атомов, способные поглощать свет. Эти группы называют

хромофорными. К ним относятся $C=C$, $C\equiv N$, $C=C-C=C$, $C=O$ и др. Такое явление как разрушение молекул синтетических полимеров под влиянием света можно назвать радикально-цепным процессом. Радикально-цепной процесс разрушения синтетических полимеров возникает, как правило, в их наружных слоях [9, 11, 125, 157].

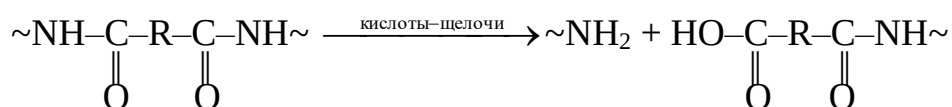
Радиационное негативное преобразование молекулярной структуры синтетических полимеров, которые возникают в процессе их старения, заключается в том, что происходит разрушение молекул синтетических полимеров под влиянием на них α - и β -частиц, γ -лучей и нейтронов. Энергия проникающей радиации превышает энергию обычной связи $C - C$. При этом образуются кислородсодержащие молекулы, которые обладают высокой способностью к химическим взаимодействиям и достаточно нестабильны, и которые как бы «задерживаются» синтетическими полимерами, находятся внутри них и разлагают их в течение длительного времени [9, 11, 155, 157].

Механическое негативное преобразование молекулярной структуры синтетических полимеров, которые возникают в процессе их старения, заключается в том, что происходит разрушение молекул синтетических полимеров под воздействием механических напряжений. Механическое разрушение возникает с того момента, когда механические напряжения превосходят энергию обычной связи $C - C$. Направление усилий по отдельным связям молекул синтетических полимеров может быть непрерывным, что является причиной образования в них напряженных участков, которые и будут являться центрами повреждений. Образовавшиеся кислородсодержащие молекулы, которые обладают высокой способностью к химическим взаимодействиям и достаточно нестабильны, имеют способность осуществить не только процесс, обратной ионизации, но и взаимодействовать с другими молекулами синтетических полимеров. Это приводит к получению разветвленных или сшитых продуктов [7, 9, 11, 157].

Химическое негативное преобразование молекулярной структуры синтетических полимеров, которые возникают в процессе их старения,

заключается в том, что происходит разрушение молекул синтетических полимеров под действием химического агента. Химическое разрушение характерно для большинства гетероцепных синтетических полимеров, содержащих в главных цепочках группы, способные к химическим взаимодействиям. Показатель степени разрушения находится в зависимости от состава, структуры и количества низкомолекулярного реагента, а также и от условий его воздействия [9, 11, 95, 96, 157].

Примером химической деструкции может служить расщепление полиамидов под действием кислот и щелочей:



Химической деструкции чаще всего подвергаются синтетические полимеры, эксплуатирующиеся в агрессивных средах.

Поскольку старение многих синтетических полимеров протекает в основном по механизму цепных радикальных реакций, то при защите синтетических полимеров от старения нужно в первую очередь исходить из таких мер, которые были бы направлены на подавление этих реакций. Одной из таких мер является защита синтетических полимеров от воздействия на них солнечной радиации. Солнечная радиация – это электромагнитное и корпускулярное излучение Солнца. До земной поверхности солнечная радиация доходит в виде прямых и рассеянных лучей. Спектральный диапазон электромагнитного излучения Солнца сосредоточен в основном в диапазоне волн длиной 0,17-4,0 мкм, который принято делить на три части. Первая часть солнечного спектра состоит из ультрафиолетовых волн длиной 0,17-0,35 мкм, невидимых для наших глаз, вторая часть – это световые волны длиной 0,35-0,75 мкм и третья часть – это инфракрасные волны длиной 0,75-4,0 мкм и далее, также невидимые для наших глаз. Энергетический вклад корпускулярной составляющей солнечной радиации в ее общую интенсивность невелик по сравнению с электромагнитной составляющей,

поскольку подавляющая доля частиц задерживается атмосферой Земли, либо поглощается верхними слоями земной атмосферы [130].

Применение экспериментального устройства хранения техники позволит исключить проникновение суммарного солнечного излучения к деталям и узлам из полимерных материалов изолируемого объекта СХТ и снизить перепады температуры, вызванные воздействием такого излучения.

1.4 Анализ существующих технологий и способов хранения сельскохозяйственной техники

Хранение СХТ это один из этапов ее эксплуатации, при котором она не используется и содержится в состоянии, которое обеспечивает ее сохранность, исправность и приведение в установленные сроки в готовность к применению [108].

Хранение СХТ содержит в себе постановку СХТ на хранение, содержание СХТ на хранении и снятие СХТ с хранения [23, 54, 152].

Постановка СХТ на хранение это совокупность организационных и технических мероприятий направленных на создание необходимых условий для ее сохранности, исправности и готовности к применению.

Постановка СХТ на хранение предполагает решение следующих вопросов: планирование работ по постановке СХТ на хранение; подготовку персонала к выполнению работ; подготовку средств ТО и ремонта, материально-технического обеспечения работ; обеспечение и обустройства мест хранения СХТ; подготовку СХТ к хранению (контроль технического состояния СХТ, ТО СХТ, консервацию и герметизацию СХТ).

Содержание СХТ на хранении это совокупность организационных и технических мероприятий по поддержанию ее в заданном состоянии, обеспечивающим сохранность и исправность в течение установленных сроков хранения.

Содержание СХТ на хранении содержит в себе: планирование работ по контролю технического состояния и ТО СХТ, содержащейся на хранении;

подготовку персонала к выполнению работ по контролю технического состояния и ТО СХТ; подготовку контрольно-технического оборудования, средств ТО и материально-технического обеспечения работ; контроль технического состояния СХТ в установленные сроки; ТО и ремонт СХТ по результатам контроля технического состояния; совершенствование условий хранения СХТ.

Снятие СХТ с хранения это совокупность выполняемых работ, определенных эксплуатационной документацией СХТ по приведению ее к готовности к применению.

Снятие СХТ с хранения включает: планирование работ по приведению СХТ в готовность к применению; подготовку персонала к выполнению работ по приведению СХТ в готовность к использованию по назначению; выполнение работ по расконсервации и разгерметизации объекта СХТ согласно требованиям эксплуатационной документации; контроль технического состояния в объеме контрольного осмотра; выполнение работ по результатам контрольного осмотра и обеспечение подвижности и защищенности объекта СХТ; установку снятого оборудования; крепление государственных регистрационных знаков, нанесение условных номерных и опознавательных знаков (при необходимости); определение состояния герметизирующих материалов, их списание и сдачу на склад.

В зависимости от продолжительности хранения СХТ различают три вида хранения: межсменное, кратковременное и длительное. СХТ ставят на межсменное хранение, если есть перерыв в использовании техники до 10 дней, кратковременное – от 10 дней до двух месяцев, длительное – более двух месяцев. К межсменному и кратковременному хранению СХТ подготавливают непосредственно после окончания работы, а к длительному хранению – не позднее 10 дней [23, 90, 120].

В настоящее время СХТ принято хранить в закрытых помещениях, под навесом и на открытых обустроенных площадках [23, 90].

Первый способ хранения является оптимальным, поскольку исключает всякое воздействие на конкретный объект СХТ солнечного излучения и осадков (рисунок 1.7).

Вместе с тем, такой способ хранения незначительно улучшает качество хранения изолируемого объекта СХТ. Основным недостатком его будет высокая относительная влажность воздуха внутри помещения [142]. Кроме того, хранение в закрытых помещениях требует значительных вложений на проектирование, строительство и эксплуатацию зданий и сооружений для хранения СХТ, а также требуют организации геодезических работ, знания и учета особенностей климата и его составляющих. Однако такие вложения окупают себя в результате увеличения срока службы СХТ и снижения расходов на ее ремонт [23, 101, 151, 153].



Рисунок 1.7 – Хранение сельскохозяйственной техники в закрытом помещении

Хранение под навесом и на открытых оборудованных площадках требует дополнительных трудозатрат и материальных ресурсов (консервация, герметизация, демонтаж деталей и узлов объекта СХТ, требующих складского хранения), при этом трудоемкость работ по подготовке конкретного объекта СХТ к хранению под навесом, практически такая же, как и при способе хранения на открытой площадке. Однако качество

хранения изолируемого объекта СХТ при таком способе хранения несколько возрастает (Рисунки 1.8 и 1.9).

Результаты статистических данных показывают постоянный рост количества объектов СХТ, имеющих различного рода отказы и неисправности в результате нарушения правил ее хранения [90].

Способ хранения СХТ на открытых обустроенных площадках требует дополнительных трудовых затрат и материальных ресурсов (консервация, герметизация, демонтаж агрегатов, узлов и деталей объекта СХТ, требующих складского хранения) [53, 101]. Кроме того, такой способ хранения не может обеспечить защиту конкретного объекта СХТ от всего комплекса климата и его составляющих (таблица 1.2) [24, 29].

Таблица 1.2 – Потери металла в зависимости от способа хранения и вида покрытия площадки для хранения [29]

Способ хранения	Потери металла, %		
	дерево	кирпич	земля
Открытая площадка	2,4	2,6	4,6
Закрытое помещение	1,2	1,2	2,2



Рисунок 1.8 – Хранение сельскохозяйственной техники под навесом



Рисунок 1.9 – Хранение сельскохозяйственной техники на открытой оборудованной площадке

Исследования, которые провели С.М. Бунин [13], В.Н. Курочкин [85], Н.М. Романченко [123], В.М. Янкин [124] показывают, что способ хранения СХТ под навесом также несущественно улучшает качество ее хранения. Такой способ хранения может обеспечить защиту конкретного объекта СХТ от прямых лучей солнечной радиации и атмосферных осадков, но не препятствует выпадению росы на ее поверхности. Это также подтверждают характеристики коррозионных процессов СХТ приведенные Ю.А. Конкиным [72] и А.Э. Северным [127] в таблицах 1.3, 1.4 и 1.5.

Таблица 1.3 – Влияние атмосферной коррозии на сопротивление усталости технических металлов за один год [72, 127].

Способ хранения	Сопротивление усталости технических металлов, МПа		
	Ст3пс	20пс	У8
Открытая площадка	20	18	17
Хранение под навесом	22	20	16
Закрытое помещение	32	22	35

Таблица 1.4 – Коррозия деталей СХТ, изготовленных из углеродистой стали обычного качества (Ст3пс) [127].

Способ хранения	Потери металла (г/м ²) в течение		
	4 мес.	8 мес.	12 мес.
Открытая площадка	61	118	164
Хранение под навесом	58	110	153
Закрытое помещение	3	12	25

Таблица 1.5 – Глубина питтинга деталей СХТ, изготовленных из углеродистой стали обычного качества (Ст3пс) [127].

Способ хранения	Глубина питтинга (мм) в течение		
	4 мес.	8 мес.	12 мес.
Открытая площадка	0,032	0,07	0,1
Закрытое помещение	-	-	0,015

Не редко встречается и такой способ хранения, при котором агрегаты, узлы и детали СХТ для защиты их от атмосферных осадков закрывают чехлами из полимерных материалов [113, 143]. Однако такой способ хранения может являться причиной возникновения парникового эффекта, который будет способствовать развитию электрохимической коррозии, что ухудшает качество хранения СХТ [12, 98].

А.В. Шемякиным и С.П. Соловьевой был предложен способ хранения СХТ на открытых площадках под защитным тепловым экраном (теплоотражающий экран изготовлен методом комбинации теплоизолирующего материала на основе вспененного полиэтилена с двухсторонним покрытием алюминиевой фольгой), который защищает машину от воздействия прямого солнечного света, климатических факторов и препятствует выпадению конденсата на ее поверхности. Недостатком данного способа является то, что при резких колебаниях температуры воздуха окружающей среды на внутренней поверхности теплоотражающего экрана и на поверхности изолируемого объекта СХТ образуется конденсат, в тоже время этот способ прост и экономичен [137, 154].

Следовательно, существующие способы хранения СХТ не отвечают современным условиям эксплуатации машин: одни из-за высоких

экономических затрат на их организацию, другие из-за низкой защищенности СХТ от климатических условий и их составляющих. Поэтому наиболее перспективным способом хранения СХТ может быть хранение ее в объеме устройства хранения техники, внутри которого установлены источники инфракрасного излучения. Но этот способ хранения требует научного обоснования параметров эксплуатации укрытия.

1.5 Цель и задачи исследований

Анализ литературы и результатов проведенных исследований показал, что сезонность эксплуатации СХТ требует совершенствования организации работ по её хранению на основе разработки технологических приёмов и способов защиты узлов и агрегатов от внешнего агрессивного воздействия климатических факторов.

Низкое качество хранения СХТ в не рабочий период обусловлено тем, что у сельских товаропроизводителей отсутствуют финансовые возможности для приобретения современного оборудования и материалов, для проведения подготовки к длительному хранению, а так же строительства современных мест хранения СХТ.

Поэтому, целью настоящей работы было обоснование параметров устройства хранения техники.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие задачи исследований:

- 1) Проанализировать научно-производственный опыт хранения СХТ.
- 2) Теоретически обосновать параметры устройства хранения техники.
- 3) Экспериментально уточнить параметры устройства хранения техники.
- 4) Организовать и осуществить процесс хранения СХТ с применением устройства хранения техники.
- 5) Провести оценку технико-экономического эффекта применения устройства хранения техники.

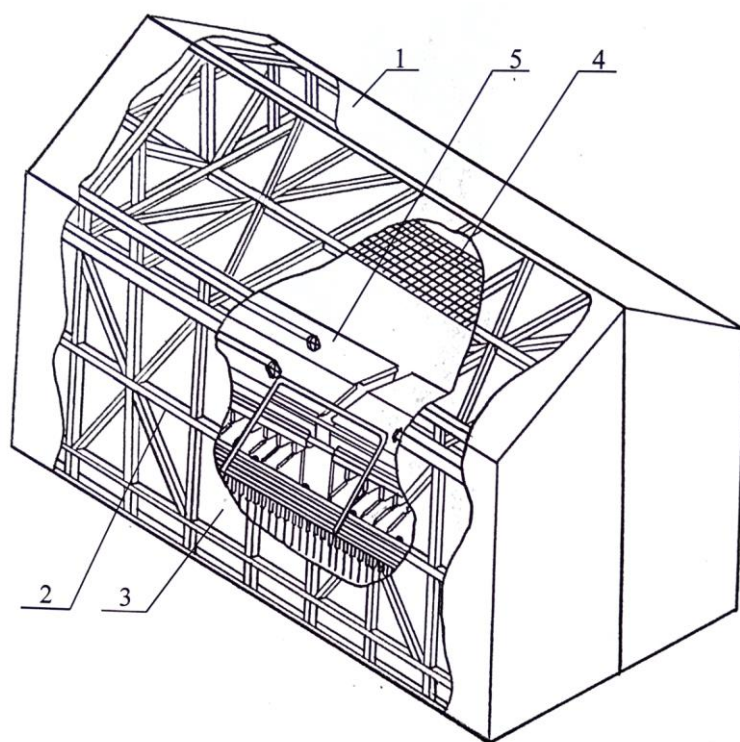
ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ХРАНЕНИЯ ТЕХНИКИ

2.1 Конструктивно-технологическая схема устройства хранения техники

Устройство хранения техники содержит индивидуальное хранилище, стены, и крыша которого представлены в виде многослойной ограждающей конструкции, выполненной из двух слоев укрывного материала, внутреннего 3 и наружного 1, разделенных воздушным пространством, включающего металлический каркас 2. При этом многослойная ограждающая конструкция имеет форму фронтальной двускатной крыши. Внутри индивидуального хранилища помещен объект хранения 5. Изолируемый объект хранения 5 помещен внутри индивидуального хранилища таким образом, чтобы между внутренним экраном многослойной ограждающей конструкции и самим изолируемым объектом хранения 5 образовывалась воздушное пространство. Кроме того, внутри индивидуального хранилища, установлены источники инфракрасного излучения 4, создающие поток ИК-излучения в средневолновом диапазоне невидимой области спектра с длиной волны λ , которая составляет примерно 8,6-9,2 мкм. Источники инфракрасного излучения 4 направлены в сторону изолируемого объекта хранения 5. Схема устройства хранения техники представлена на рисунке 2.1 (патент на полезную модель № 215922, приложение А) [107, 109].

Внутренний слой 3 выполнен из металлизированной теплоизоляции, наружный слой 1 из серебристо-серого светоотражающего тентового полотна. Технология изготовления металлизированной теплоизоляции предусматривает комбинирование вспененного полиэтилена с металлизированной пленкой. Металлизированная изоляция отражает тепловое излучение, возвращая его обратно к источнику. Кроме того, термопластичные полимеры с закрыто-пористой структурой ячеек обладают уникальными физическими свойствами, а именно высокие теплозвукоизоляционные свойства, устойчивость к высоким и низким температурам динамики их изменений, стойкость к гидролизу

(взаимодействие молекул воды с ионами растворенного вещества), способность гасить шумы и вибрации, высокие прочностные характеристики и простота монтажа. Тентовое полотно, серебристого цвета, также препятствует передаче тепла от одних тел к другим в виде тепловой энергии. Также многослойная ограждающая конструкция не пропускает влагу внутрь индивидуального хранилища, т.е. в достаточной степени надежно защищает изолируемый объект хранения 5 от попадания на него дождя, мороси, снега, мокрого снега и т.д. Металлический каркас 2 выполнен из профилей, а именно направляющего профиля ПН 2 50х40 и перегородочного стоечного ПС 2 50х50. Формирование каркаса осуществляется специальными крепежными изделиями, обеспечивающими надежное соединение и фиксацию его элементов [109].



1 – тентовое покрытие; 2 – металлический каркас; 3 – металлизированная теплоизоляция; 4 – источники инфракрасного излучения; 5 – изолируемый объект хранения (СХТ).

Рисунок 2.1 – Схема устройства хранения техники

Во время хранения изолируемого объекта хранения 5 при перепаде температуры и повышении уровня влажности воздуха окружающей среды

осуществляется включение источников инфракрасного излучения 4. Энергия излучения, переносимая оптическим излучением на внутренний экран многослойной ограждающей конструкции и поверхность изолируемого объекта хранения 5, в пределах видимости, воспринимается ими и, обращаясь в тепловую энергию, их нагревает. Далее нагретые поверхности отдают свое тепло воздуху внутри индивидуального хранилища, и наступает следующий физический процесс – конвекция, при котором происходит передача тепловой энергии посредством потоков воздуха. При этом общий объем воздуха внутри индивидуального хранилища увеличивается и начинает вытеснять холодный и влажный воздух из внутреннего объема хранилища [43, 107, 109, 164].

Способ применения источников инфракрасного излучения 4 позволяет добиться более равномерного нагрева внутреннего экрана многослойной ограждающей конструкции и поверхности изолируемого объекта хранения 5, чем при использовании приборов конвективного типа – конвекторов. Кроме того, обогрев внутреннего экрана многослойной ограждающей конструкции и поверхности изолируемого объекта хранения 5 возможен без обогрева общего объема воздуха внутри хранилища. Такая возможность открывается благодаря тому, что воздух является оптически прозрачной средой. При этом «ощущение избыточного тепла» от источников инфракрасного излучения 4 обнаруживается сразу после их включения [38, 43, 56, 107, 154, 164].

Таким образом, устройство хранения техники должно обеспечить надежную защиту изолируемого объекта хранения 5 от негативного воздействия на него окружающей среды.

2.2 Исследование климатических условий на территории Клепиковского района Рязанской области

Для того чтобы установить вероятность образования конденсата, которая может возникнуть из-за разницы температур окружающего воздуха и конкретного объекта СХТ, вначале следует определить количество теплоты необходимое для изменения температуры самого объекта СХТ [154].

Принимая во внимание то, что процесс изменения температуры окружающего воздуха и конкретного объекта СХТ протекает довольно медленно, а скорость изменения температуры воздуха за определенный промежуток времени можно считать равномерной, величина тепла, идущего на изменение теплового состояния конкретного объекта СХТ, будет определяться по формуле [10, 154]:

$$N = cm \frac{\Delta T}{t}, \quad (2.1)$$

где N – тепловой поток, полученный конкретным объектом СХТ при нагреве или выделившийся при его охлаждении, [Вт];

c – удельная теплоемкость конкретного объекта СХТ, $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right]$;

m – масса конкретного объекта СХТ, [кг];

ΔT – изменение температуры конкретного объекта СХТ, [К].

t – время нагрева или охлаждения конкретного объекта СХТ, [сек].

В течение суток температура окружающего воздуха повышается с рассвета до полудня и достигает своего максимума в 14-15 часов. После чего температура окружающего воздуха постепенно снижается и достигает своего минимума перед восходом Солнца. Из этого следует, что в период хранения конкретного объекта СХТ внутри устройства хранения техники, температура окружающего воздуха постоянно меняется. При этом температура воздуха внутри устройства хранения техники и изолируемого объекта СХТ также меняется, но довольно медленно. Однако при резком снижении температуры окружающего воздуха относительно температуры воздуха внутри устройства хранения техники на внутренней стороне ограждающей конструкции устройства хранения техники может образоваться конденсат. Это может быть при низком термическом сопротивлении ограждающей конструкции устройства хранения техники [154].

Перед восходом Солнца достигшая своего минимума температура воздуха внутри устройства хранения техники и изолируемого объекта СХТ с

рассветом начинает повышаться. Однако чрезмерное количество тепла, поступившего внутрь устройства хранения техники, в виде тепловой энергии может стать причиной возникновения такой разницы температур воздуха внутри устройства хранения техники и изолируемого объекта СХТ при которой содержащийся в воздухе пар достигнет состояния насыщения и начнет конденсироваться в росу. Таблица 2.1 устанавливает зависимость от разности температур и влажности окружающего воздуха, при которой пар находящийся в воздухе из-за конденсации оседает на поверхность в виде капель [154].

Таблица 2.1 – Проявления изменений климата на территории Клепиковского района Рязанской области за 2024 год

Месяцы	Параметры																	
	температура воздуха, °С			точка росы, °С			влажность воздуха, %			скорость ветра, м/с			давление, мм. рт. ст.			осадки, мм		
	показания																	
	высокие	низкие	средние	высокие	низкие	средние	высокие	низкие	средние	высокие	низкие	средние	высокие	низкие	средние	высокие	низкие	средние
Январь	0	-28	-11,3	-0,7	-31,7	-12,8	98	70	92	-	-	3	-	-	762	-	-	51
Февраль	1	-22	-5,8	0,3	-28	-7,8	95	58	85,5	-	-	4	-	-	762	-	-	30
Март	11	-18	-0,5	10,2	-33,2	-5,3	95	25	70	-	-	3	-	-	761	-	-	11
Апрель	21	1	11,6	19,8	-15,4	6,6	93	28	71,5	-	-	3	-	-	760	-	-	36
Май	25	-3	11,8	23	-23,3	5,6	89	19	66	-	-	3	-	-	762	-	-	50
Июнь	28	9	20	26,5	-11,6	13,9	92	22	68	-	-	2	-	-	750	-	-	100
Июль	30	12	21,5	29,6	-8,5	15,9	98	23	70,5	-	-	2	-	-	756	-	-	111
Август	29	8	18,8	28,6	-9,4	12,8	98	28	72	-	-	3	-	-	758	-	-	19
Сентябрь	29	4	17,4	28,3	-13,3	2,2	96	27	69,5	-	-	2	-	-	762	-	-	0
Октябрь	23	0	8,3	22,6	-14,7	3,5	98	32	72	-	-	3	-	-	762	-	-	53
Ноябрь	10	-4	0,8	9,7	-9,2	-0,9	98	67	88,5	-	-	3	-	-	761	-	-	64
Декабрь	1	-17	-2,7	0,7	-20	-3,7	98	77	92,5	-	-	4	-	-	766	-	-	25

Исходя из этого, зная среднесуточные колебания температуры во времени и влажность воздуха в определенный период времени в течение года

с самыми неблагоприятными погодными условиями, например апрель-май или октябрь-ноябрь, появляется, как бы возможность оказывать влияние на тепловое состояние (степень нагретости) конкретного объекта СХТ.

Так, например, для того чтобы исключить образование конденсата на поверхности изолируемого объекта СХТ, который находится внутри устройства хранения техники, температура его (объекта СХТ) поверхности должна быть выше температуры точки росы примерно на 3-5 °С. Так как перепад температуры внутри устройства хранения техники колеблется в этих границах [154].

Посуточная скорость изменения температуры в октябре 2024 года по Клепиковскому району Рязанской области представлена в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Скорость изменения температуры в течение трех часов в октябре 2024 года

Число месяца	Перепад температуры, °С	Число месяца	Перепад температуры, °С
01	3,4	17	0,8
02	3,1	18	0,6
03	3,1	19	1,0
04	2,7	20	2,5
05	0,7	21	2,0
06	1,0	22	2,3
07	1,7	23	1,3
08	1,3	24	1,4
09	1,0	25	0,7
10	0,5	26	1,2
11	1,2	27	1,3
12	1,2	28	0,8
13	1,5	29	0,9
14	1,4	30	1,7
15	1,1	31	1,3
16	0,8		

Среднее значение перепадов температуры при суточных колебаниях температуры в октябре 2024 года составило 1,5 °C за три часа.

Ограничение скорости изменения температуры конкретного объекта СХТ может быть достигнуто уменьшением теплообмена за счет многослойной ограждающей конструкции теплового устройства хранения техники.

Ослабление теплового потока, проходящего через многослойную ограждающую конструкцию теплового устройства хранения техники должно быть таким, чтобы в процессе его охлаждения на поверхности изолируемого объекта СХТ и внутренней стороны многослойной ограждающей конструкции не выпадала роса.

Рассчитаем количество теплоты, проходящее через многослойную ограждающую конструкцию устройства хранения техники в зависимости от различной теплопроводности материалов, составляющих ограждение, а также от структуры самого ограждения.

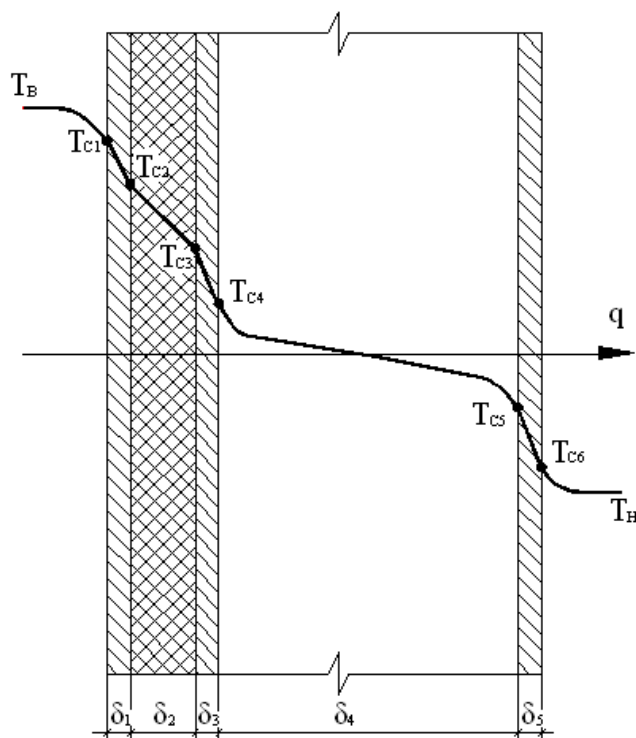
2.3 Исследование теплопередачи через многослойную ограждающую конструкцию устройства хранения техники

Многослойная ограждающая конструкция устройства хранения техники снижает теплообмен между изолируемым конкретным объектом СХТ и окружающей природной средой. Это достигается за счет термического сопротивления многослойной ограждающей конструкции теплового устройства хранения техники, которое зависит исключительно от теплопроводности материалов, составляющих ограждение, а также от структуры самого ограждения [154].

Рассмотрим механизм теплопередачи через многослойную ограждающую конструкцию устройства для длительного хранения техники. Модуль, в котором толщина отдельных слоев равна $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5$, а и их теплопроводность – $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ и λ_5 соответственно, предположив, что

воздушная прослойка данной конструкции не имеет сообщения с наружным и внутренним воздухом [10, 80, 148, 154].

Теплопроводность многослойной стенки при установившемся процессе является суммой теплопроводностей отдельных ее слоев. При этом примем допущение, что каждый из соседних слоев имеют одинаковую температуру. Температуры на наружных поверхностях модуля T_{c1} и T_{c6} известны [80].



T_B – температура внутреннего воздуха; T_{c1} – температура внутренней поверхности теплового устройства хранения техники; $T_{c2}, T_{c3} \dots T_{c5}$ – температура на границе с соседним слоем теплового устройства хранения техники; T_{c6} – температура наружной поверхности теплового устройства хранения техники; T_H – температура наружного воздуха; q – тепловой поток, $\delta_1, \delta_2, \dots \delta_5$ – толщина слоя.

Рисунок 2.2 – Расчетная схема к обоснованию теплопередачи многослойной ограждающей конструкции устройства хранения техники

Для каждого слоя на основании выражения $q \frac{\delta}{\lambda} = (T_B - T_H)$ можно записать [80].

Количество теплоты q_1 , проходящее через наружный металлизированный слой площадью 1 м^2 в течение 1 ч, определяется по формуле:

$$q_1 \frac{\delta_1}{\lambda_1} = (T_{c1} - T_{c2}), \quad (2.2)$$

где λ_1 – коэффициент теплопроводности наружного металлизированного слоя, $\left[\frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} \right]$;

δ_1 – толщина наружного металлизированного слоя, [м];

T_{c1} – температура внутренней поверхности теплового устройства хранения техники, [К];

T_{c2} – температура на границе с соседним слоем (δ_2) теплового устройства хранения техники, [К].

Далее. Количество теплоты q_3 , проходящее через слой несшитого вспененного полиэтилена площадью 1 м^2 в течение 1 ч, определяется по формуле:

$$q_2 \frac{\delta_2}{\lambda_2} = (T_{c2} - T_{c3}), \quad (2.3)$$

где λ_2 – коэффициент теплопроводности слоя несшитого вспененного полиэтилена, $\left[\frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} \right]$;

δ_2 – толщина слоя несшитого вспененного полиэтилена, [м];

T_{c2} – температура на границе с соседним слоем (δ_1) теплового устройства хранения техники, [К];

T_{c3} – температура на границе с соседним слоем (δ_3) теплового устройства хранения техники, [К].

Далее. Количество теплоты q_3 , проходящее через внутренний металлизированный слой площадью 1 м^2 в течение 1 ч, определяется по формуле:

$$q_3 \frac{\delta_3}{\lambda_3} = (T_{c3} - T_{c4}), \quad (2.4)$$

где λ_3 – коэффициент теплопроводности внутреннего металлизированного слоя, $\left[\frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} \right]$;

δ_3 – толщина внутреннего металлизированного слоя, $[\text{м}]$;

T_{c3} – температура на границе с соседним слоем (δ_2) теплового устройства хранения техники, $[\text{К}]$;

T_{c4} – температура на границе с соседним слоем (δ_4) теплового устройства хранения техники, $[\text{К}]$.

Далее. Количество теплоты q_4 , проходящее через воздушную прослойку площадью 1 м^2 в течение 1 ч, состоит из количества теплоты, передаваемое излучением $q_{\text{изл}}$, теплопроводностью $q_{\text{теп}}$ и конвекцией $q_{\text{кон}}$ [28, 148]:

$$q_4 = q_{\text{изл}} + q_{\text{теп}} + q_{\text{кон}}, \quad (2.5)$$

где $q_{\text{изл}}$ – количество теплоты, передаваемое излучением, $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]$;

$q_{\text{теп}}$ – количество теплоты, передаваемое излучением, $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]$;

$q_{\text{кон}}$ – количество теплоты, передаваемое излучением, $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]$.

Теплопередача через воздушную прослойку многослойной ограждающей конструкции будет осуществляться не так, как, например, через твердое тело. Термическое сопротивление твердого тела, прямо пропорционально его толщине, а количество тепловой энергии проходящей

через твердое тело, при постоянной разности температур на его поверхностях обратно пропорционально его толщине. Для воздушной прослойки многослойной ограждающей конструкции такой пропорциональности не существует. В твердом теле теплопередача может осуществляться только одним способом – через теплопроводность данной среды, тогда как в воздушной прослойке многослойной ограждающей конструкции перенос тепловой энергии может осуществляться всеми тремя способами, а именно через теплопроводность данной среды, через конвекцию и через лучеиспускание [148].

Количество теплоты, передаваемое через воздушную прослойку теплопроводностью и конвекцией, следует определять по формуле [28, 148]:

$$q_{т.к} = \frac{\lambda'_4 + \lambda''_4}{\delta_4} (T_{c4} - T_{c5}), \quad (2.6)$$

где λ'_4 – коэффициент теплопроводности неподвижного воздуха воздушной прослойки, $\left[\frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} \right]$;

λ''_4 – условный коэффициент, называемый коэффициентом переноса тепла конвекцией, $\left[\frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} \right]$;

δ_4 – толщина воздушной прослойки, [м];

T_{c4} – температура на границе с соседним слоем (δ_3) теплового устройства хранения техники, [K];

T_{c5} – температура на границе с соседним слоем (δ_5) теплового устройства хранения техники, [K].

Теплопередача через конвекцию воздушной прослойки теплового устройства хранения техники возникает вследствие разности температур на ограничивающих ее поверхностях и имеет характер естественного процесса переноса тепла отдельными частицами воздуха при движении. При этом

воздух, принимая тепло от более нагретой поверхности внутреннего слоя воздушной прослойки теплового устройства хранения техники, движется в направлении снизу вверх, а у более холодной поверхности наружного слоя воздушной прослойки охлаждается и движется в направлении сверху вниз. Таким образом, при вертикальном расположении теплового устройства хранения техники внутри воздушной прослойки создается постоянная циркуляция воздуха [148].

В отличие от коэффициента теплопроводности, коэффициент переноса тепла конвекцией воздушной прослойки теплового устройства хранения техники не является постоянной величиной. Он зависит: от толщины воздушной прослойки; температуры воздуха внутри воздушной прослойки; разности температур на ограничивающих поверхностях воздушной прослойки; расположения в пространстве воздушной прослойки [148].

Коэффициент переноса тепла конвекцией воздушной прослойки теплового устройства хранения техники будет расти с увеличением ее толщины. И, наоборот, с уменьшением толщины воздушной прослойки многослойной ограждающей конструкции коэффициент переноса тепла конвекцией будет снижаться, поскольку поднимающийся и опускающийся воздушные потоки друг друга тормозят. Так, например, при толщине воздушной прослойки в 5 мм коэффициент переноса тепла конвекцией λ_4'' и вовсе будет равен нулю. С увеличением разности температур внутреннего и наружного слоев воздушной прослойки теплового устройства хранения техники коэффициент переноса тепла конвекцией λ_4'' возрастает вследствие повышения интенсивности переноса тепла отдельными частицами воздуха. В случае горизонтального расположения теплового устройства хранения техники, увеличение значений $\lambda_4' + \lambda_4''$ при потоке тепла снизу вверх объясняется непосредственным направлением переноса тепла отдельными частицами воздуха по вертикали от внутреннего слоя воздушной прослойки, имеющего более высокую температуру, к наружному слою, имеющему более низкую температуру. В случае горизонтального расположения теплового

устройства хранения техники при потоке теплоты сверху вниз перенос тепла отдельными частицами воздуха отсутствует, поскольку наружный слой воздушной прослойки с более высокой температурой расположен над внутренним слоем с более низкой температурой. В этом случае коэффициент переноса тепла конвекцией λ_4'' будет также равен нулю [148].

Значения $\lambda_4' + \lambda_4''$ в зависимости от толщины воздушной прослойки δ_4 и разности температур на ее поверхности $T_{c4} - T_{c5}$ приведены в справочном материале [28, 148].

Количество теплоты излучением, проходящее через воздушную прослойку с учетом температур на поверхностях воздушной прослойки и принятых коэффициентов излучения поверхности без учета отражательной теплоизоляции, следует определять по формуле [28]:

$$q_{\text{изл}} = C_{\text{пр}} \left[\left(\frac{T_{c4}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{c5}}{100} \right)^4 \right], \quad (2.7)$$

где $C_{\text{пр}}$ – приведенный коэффициент излучения, определяют по формуле:

$$C_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0}}, \quad (2.8)$$

где C_1 – коэффициент излучения поверхности воздушной прослойки расположенной со стороны внутренней поверхности ограждения, $\left[\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)} \right]$;

C_2 – коэффициент излучения поверхности воздушной прослойки расположенной со стороны наружной поверхности ограждения, $\left[\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)} \right]$;

C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, $\left[\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)} \right]$.

Величину термического сопротивления воздушной прослойки в многослойной ограждающей конструкции, определяют по формуле [28]:

$$R_4 = \frac{T_{c4} - T_{c5}}{q_{изл} + q_{т.к.}}, \quad (2.9)$$

При учете многократного отражения и поглощения лучистого теплового потока параллельными поверхностями воздушной прослойки происходят его многократное отражение, поглощение и передача теплоты теплопроводностью и конвекцией. При этом лучистый тепловой поток $q_{изл.}$ от первой поверхности многократно отражается и поглощается второй поверхностью воздушной прослойки и в конечном итоге отражается от нее обратно к первой поверхности [28].

По значению многократного поглощения $\frac{C_x}{C_0}$ и отражения $\left(1 - \frac{C_x}{C_0}\right)$ падающего лучистого теплового потока между поверхностями воздушной прослойки определяют значение результирующего теплового потока $q_{рез.из}$ излучением [28].

Выражение изменения последовательного многократного затухания теплового потока $q_{рез.из}$ в виде формул можно записать следующим образом:

1) $q_{рез.из} = q_{изл.}$ – первая поверхность излучает на вторую;

2) $q_{рез.из} = q_{изл.} \left[1 - \left(\frac{C_2}{C_0} \right) \right]$ – вторая поверхность поглощает излучение

от первой поверхности;

3) $q_{рез.из} = q_{изл.} \left[1 - \left(1 - \frac{C_2}{C_0} \right) \right]$ – вторая поверхность отражает обратно на

первую поверхность;

4) $q_{рез.из} = q_{изл.} \left[1 - \left(1 - \frac{C_2}{C_0} \right) \cdot \frac{C_1}{C_0} \right]$ – первая поверхность поглощает

излучение от второй поверхности;

$$5) \quad q_{\text{рез.из}} = q_{\text{изл.}} \left[1 - \left(1 - \frac{C_2}{C_0} \right) \cdot \left(1 - \frac{C_1}{C_0} \right) \right] - \text{первая поверхность отражает}$$

обратно излучение на вторую поверхность;

$$6) \quad q_{\text{рез.из}} = q_{\text{изл.}} \left[1 - \left(1 - \frac{C_2}{C_0} \right) \cdot \left(1 - \frac{C_1}{C_0} \right) \cdot \frac{C_2}{C_0} \right] - \text{вторая поверхность}$$

поглощает излучение от первой поверхности;

$$7) \quad q_{\text{рез.из}} = q_{\text{изл.}} \left[1 - \left(1 - \frac{C_2}{C_0} \right) \cdot \left(1 - \frac{C_1}{C_0} \right) \cdot \left(1 - \frac{C_2}{C_0} \right) \right] - \text{вторая поверхность}$$

отражает обратно на первую поверхность;

Таким образом, результирующий поток излучением между двумя поверхностями следует определять по формуле [28]:

$$q_{\text{рез.из}} = C_{\text{пр}} \left[\left(\frac{T_{c4}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{c5}}{100} \right)^4 \right] \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{C_2}{C_0} \right)^2 \cdot \left(1 - \frac{C_1}{C_0} \right) \right], \quad (2.10)$$

Тогда, термическое сопротивление воздушной прослойки с учетом многократного отражения и поглощения определяется по формуле [28]:

$$R_4 = \frac{T_{c4} - T_{c5}}{q_{\text{рез.из}} + q_{\text{т.к.}}}, \quad (2.11)$$

Далее. Количество теплоты q_5 , проходящее через тентовое укрытие площадью 1 м^2 в течение 1 ч, определяется по формуле:

$$q_5 \frac{\delta_5}{\lambda_5} = (T_{c5} - T_{c6}), \quad (2.12)$$

где λ_5 – коэффициент теплопроводности тентового укрытия, $\left[\frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} \right]$;

δ_5 – толщина тентового укрытия, [м];

T_{c5} – температура на границе с соседним слоем (δ_5) теплового устройства хранения техники, [К];

T_{c6} – температура наружной поверхности теплового устройства хранения техники, [К].

Если сложить значения $q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5$, получим

$$q = (T_{c1} - T_{c2}) \frac{\lambda_1}{\delta_1} + (T_{c2} - T_{c3}) \frac{\lambda_2}{\delta_2} + (T_{c3} - T_{c4}) \frac{\lambda_3}{\delta_3} + \frac{1}{\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_0}} \left[\left(\frac{T_{c4}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{c5}}{100} \right)^4 \right] \times$$

$$\left[1 - \left(1 - \frac{C_2}{C_0} \right)^2 \cdot \left(1 - \frac{C_1}{C_0} \right) \right] + (T_{c4} - T_{c5}) \frac{\lambda'_4 + \lambda''_4}{\delta_4} + (T_{c5} - T_{c6}) \frac{\lambda_5}{\delta_5} \quad (2.13)$$

где q – удельное количество теплоты, проходящей через 1 м^2 многослойной ограждающей конструкции в течение 1ч, при условии, что ограждения данной конструкции расположены в вертикальной плоскости, $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]$;

Введем обозначения:

– $R = \frac{\delta}{\lambda}$ – тепловое сопротивление многослойной ограждающей конструкции [80].

Тогда, с учетом принятых обозначений, получим [80]:

$$q = \frac{(T_{c1} - T_{c6})}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}, \quad (2.14)$$

R_1 – термическое сопротивление наружного металлизированного слоя, $\left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right]$;

R_2 – термическое сопротивление несшитого вспененного полиэтилена, $\left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right]$;

R_3 – термическое сопротивление внутреннего металлизированного слоя, $\left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right]$;

R_4 – термическое сопротивление воздушной прослойки, $\left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right]$;

R_5 – термическое сопротивление тентового укрытия, $\left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right]$.

Также из уравнения (2.14) следует, что числитель представляет собой суммарный температурный напор в тепловом устройстве хранения техники, а знаменатель – полное тепловое сопротивление ограждения этой конструкции. Таким образом, удельное количество теплоты проходящей через тепловое устройство хранения техники пропорциональна суммарному температурному напору и обратно пропорциональна полному сопротивлению ограждения этой конструкции равному сумме сопротивлений ее отдельных слоев [80, 148].

Термическое сопротивление многослойной ограждающей конструкции устройства хранения техники зависит исключительно от теплопроводности материалов, составляющих ограждение, а также от структуры самого ограждения. Для определения термического сопротивления необходимо знать коэффициенты теплопроводности материалов, составляющих ограждение, их расположение, а также размеры отдельных элементов ограждения [148].

Если ограждение по толщине состоит из нескольких последовательно размещенных однородных слоев различных материалов, расположенных перпендикулярно направлению теплового потока, то термическое сопротивление ограждения будет равно сумме термических сопротивлений всех его слоев [148].

Из этого следует, что термическое сопротивление для многослойной ограждающей конструкции будет определяться по формуле [148]:

$$R_1 + R_2 + R_3 + R_5 + R_4 = R, \quad (2.15)$$

Однако формула (2.15) применима только для замкнутой воздушной прослойки теплового устройства хранения техники, то есть не имеющей сообщения с наружным воздухом. Если воздушная прослойка теплового устройства хранения техники имеет сообщение с наружным воздухом, то в результате проникновения холодного воздуха термическое сопротивление

воздушной прослойки теплового устройства хранения техники может не только стать равным нулю, но и послужить причиной уменьшения сопротивления теплопередаче ограждения [148].

Процесс распространения тепла от внутреннего экрана теплового устройства хранения техники к изолируемому объекту СХТ может быть осуществлен тремя способами, а именно через теплопроводность данной среды, через конвекцию и через лучеиспускание.

Теплопроводность через воздушное пространство между внутренним экраном многослойной ограждающей конструкции и изолируемым объектом СХТ представляет собой количество тепла, проходящего через изотермическую поверхность, которое называется тепловым потоком и определяется по формуле [14, 112, 154]:

$$Q = - \int_0^F \lambda \frac{dT}{dh} dF_2, \quad (2.16)$$

где λ – коэффициент теплопроводности воздуха, $\left[\frac{\text{Вт}}{(\text{м} \cdot \text{К})} \right]$;

$\frac{dT}{dh}$ – градиент температуры, $\left[\frac{\text{К}}{\text{м}} \right]$;

F_2 – площадь изотермической поверхности, $[\text{м}^2]$.

Знак минус в правой части уравнения поставлен потому, что движение тепла происходит в направлении понижения температуры.

Так как коэффициент теплопроводности воздуха достаточно невелик также как и градиент температуры, внутри помещения индивидуального хранилища устройства хранения техники, то величина теплового потока будет существенно уменьшаться с увеличением расстояния между внутренним экраном теплового устройства хранения техники и изолируемым объектом СХТ [8, 137, 154].

Теплопередача через конвекцию воздушной среды внутри помещения индивидуального хранилища теплового устройства хранения техники между

внутренним экраном многослойной ограждающей конструкции и изолируемым объектом СХТ, допустима при достаточно хорошей разнице температур или воздушном потоке. Так как тепловое устройство хранения техники является индивидуальным герметичным хранилищем, то воздушный поток за счет разницы температур под ним и над ним не возникает. А повышение температуры внутри помещения индивидуального хранилища приводит к уменьшению относительной влажности, что препятствует выпадению росы. Из этого следует, что наиболее существенным процессом переноса тепловой энергии с одного места на другое будет являться лучеиспускание [137, 154, 156].

Интенсивность теплообмена излучением между твердыми телами в общем случае зависит от физических свойств этих тел, их температур, расстояния между ними и взаимного расположения [10].

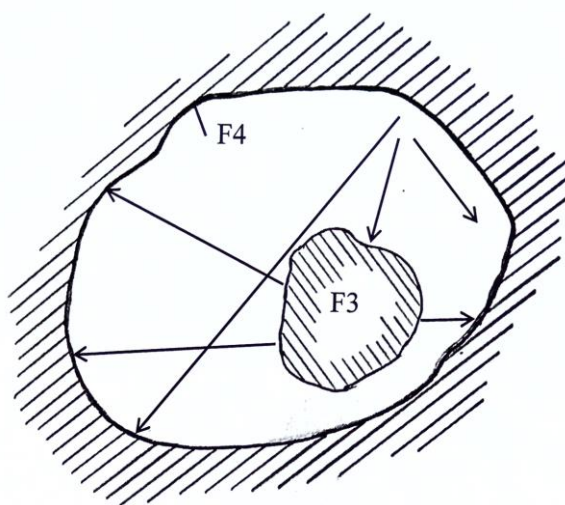


Рисунок 2.3 – Расчетная схема к обоснованию теплообмена излучением, когда одно тело окружено поверхностью другого [10]

Теплообмен излучением при стационарном режиме между двумя поверхностями, а именно внутренним экраном теплового устройства хранения техники и изолируемым объектом СХТ, имеющими большую поверхность и отстоящими друг от друга на небольшом расстоянии практически аналогичен по действию многократного отражения и поглощения лучистого теплового потока параллельными поверхностями воздушной прослойки. Здесь также излучение каждой поверхностью

частично поглощается, частично отражается, причем этот процесс многократно повторяется и имеет затухающий характер [10]

Однако если одно тело окружено поверхностью другого (рисунок 2.3), то вся излучаемая центральным телом энергия падает на внешнее тело, но излучение внешней поверхности только частично падает на центральное, а оставшаяся часть излучения снова попадает на ту же поверхность. Расчетная формула для такой системы тел отражает эту особенность теплообмена излучением [10]:

$$q_2 = C_{\text{пр}} \left[\left(\frac{T_3}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_4}{100} \right)^4 \right], \quad (2.17)$$

где

$$C_{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{C_3} + \frac{F_3}{F_4} \left(\frac{1}{C_4} - \frac{1}{C_0} \right)}, \quad (2.18)$$

C_1 – коэффициент излучения поверхности изолируемого объекта СХТ, $\left[\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)} \right]$;

C_2 – коэффициент излучения поверхности внутреннего экрана устройства хранения техники, $\left[\frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)} \right]$;

T_3 – температура поверхности изолируемого объекта СХТ, [К];

T_4 – температура поверхности внутреннего экрана теплового устройства хранения техники, [К];

F_3 – площадь поверхности изолируемого объекта СХТ, $[\text{м}^2]$

F_4 – площадь поверхности внутреннего экрана теплового устройства хранения техники, $[\text{м}^2]$.

Формула (2.17) может применяться для любой формы тел, но меньшая поверхность должна быть обязательно выпуклой [10].

Проанализировав, полученные данные мы пришли к выводу, что рациональным и эффективным способом повышения теплоизоляции экспериментального устройства хранения техники является утеплитель «Тепофол», толщиной 5 мм, в основе которого используется полиэтилен, легко поддающийся переработке. Синтетическая природа материала гарантирует ему химическую стойкость, а структура делает его отличным тепло- и звукоизоляцией.

В качестве тентового полотна нами использовался многослойный материал, изготовленный на основе полиэтилена высокой плотности, а именно тарпаулин плотностью 120 г/м³. Благодаря такой структуре, этот материал обладает высокой прочностью и устойчивостью к разным погодным условиям. Визуально он похож на плотно сплетенную сетку, покрытую защитным слоем пластика, что делает его долговечным и водонепроницаемым.

В качестве объекта хранения исследования нами использовалась сеялка зернотуковая СЗ-3,6. Общая площадь теплоотражающего чехла составляет примерно 35 м².

2.4 Теоретическое обоснование параметров инфракрасного излучателя

Конкретный объект СХТ, находящийся внутри теплового устройства хранения техники будет огражден, в первую очередь, от воздействия на него солнечной радиации и осадков. Таким образом, теплообмен между тепловым устройством хранения техники и изолируемым объектом СХТ в воздушном пространстве внутри укрытия, будет происходить не только за счет трех простых механизмов передачи тепла (теплопроводность, конвекция, тепловое излучение), но и при конденсации пара [154].

Конденсация пара всегда связана с отводом теплоты через поверхности конденсации и с одновременным отводом образующегося вещества – конденсата. Конденсация может происходить только при условии, что

температура и давление пара ниже температуры и давления критической точки. Если насыщенный пар или перегретый пар соприкасаются со стенкой, температура которой ниже температуры насыщения при данном давлении, то вследствие теплообмена пар охлаждается и конденсируется. Конденсат в виде пленки или капель оседает на поверхности и стекает вниз. В зависимости от состояния поверхности различают два вида конденсации: капельная и пленочная. Если поверхность конденсата не смачивается жидкостью (масло, керосин и т.д.) и конденсат осаждается в виде отдельных капелек, то происходит капельная конденсация. На смачиваемой поверхности происходит процесс пленочной конденсации [10,141, 154].

Также большую роль играет тепловая инерционность (количество поглощаемой теплоты) отдельных элементов конкретного объекта СХТ. Если отдельный элемент конкретного объекта СХТ имеет большую толщину, то и пленочная конденсация на нем также будет иметь большую толщину [154].

Кроме того, пленочная конденсация обладает весьма неплохим термическим сопротивлением. То есть, чем толще будет пленочная конденсация, тем хуже будет ее теплопроводность. Так, например, тонколистовые отдельные элементы конкретного объекта СХТ обладают меньшей тепловой инерционностью, а потому они являются основными элементами теплопередачи [154].

Многослойная ограждающая конструкция теплового устройства хранения техники снижает интенсивность процесса, при котором теплота переносится потоками газа (конвекция) на определенном расстоянии от поверхности конкретного объекта СХТ. Из этого следует, что воздух, который находится в границах определенного расстояния от поверхности конкретного объекта СХТ, становится в большей степени охлажденным, и как следствие уровень влажности такого воздуха также понижается [154].

Объем воздуха внутри устройства хранения техники будет определяться по формуле:

$$V_b = A \cdot B \cdot h, \quad (2.19)$$

Учитывая плотность воздуха, которая является функцией от давления, температуры и влажности вес воздуха внутри теплового устройства хранения техники будет определяться по формуле:

$$m_B = V_B \cdot \rho_B, \quad (2.20)$$

В наибольшей степени процесс конденсации пара с отводом образующего вещества – конденсата внутри теплового устройства хранения техники при совокупности всех факторов и процессов характеризующих тепловую обстановку внутри данного устройства составит примерно от 20г до 100г на объем 21м³. Такой объем конденсата в виде жидкости представляет собой в достаточной степени не высокий показатель по отношению к тому объему конденсата, который может образоваться при хранении конкретного объекта СХТ, например, под открытым небом.

Переходя к рассмотрению двухфазной однокомпонентной системы жидкость-пар, заметим, что удельная теплота парообразования (обращение количества жидкости с единичной массы в пар) равна удельной теплоте конденсации (обращение единичной массы пара в жидкость) [10, 16, 51, 154]. Удельная теплота парообразования воды, например, при нормальном атмосферном давлении 760 мм ртутного столба или 101,325 кПа и температуре, равной температуре кипения воды, равна $2.26 \cdot 10^6 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right]$ – одна из самых больших среди подобных величин. При конденсации пара выделяется такое же количество тепла. При этом температура воздуха понижается не очень быстро [16].

При расчетах теплоту, необходимую на нагрев изолируемого объекта СХТ, можно считать пропорциональной массе испаряемого конденсата [65], т.е.

$$A_T = k_T m_K, \quad (2.21)$$

где k_T – коэффициент пропорциональности;

m_K – масса конденсата;

Продолжительность нагрева изолируемого объекта СХТ зависит от массы конденсата внутри теплового устройства хранения техники при совокупности всех факторов и процессов характеризующих тепловую обстановку внутри данного устройства и массы объекта СХТ, от массы поступающего воздуха и его относительной влажности.

Можно принять, что массовый расход воздуха прямопропорционален массе удаляемого конденсата и обратнопропорционален коэффициенту ε_k , характеризующему влагопоглотительную способность воздуха (ε_k – масса конденсата в г, удаляемого 1м^3 воздуха) [65], т.е.

$$L_b = \frac{\rho_b m_k}{\varepsilon_k}, \quad (2.22)$$

Принимая приближенно, что подогрев воздуха на 1°C снижает его относительную влажность φ_0 на 5%, получаем следующие выражение для расчета повышения температуры Δt подогреваемого воздуха [65]:

$$\Delta t = \frac{\varphi_0 - \varphi_1}{5}, \quad (2.23)$$

где φ_1 – относительная влажность подогретого воздуха.

Теплоту, переданную поверхности изолируемого объекта СХТ от воздуха внутри индивидуального хранилища можно определить по изменению энтальпии подогретого J_1 и атмосферного J_0 воздуха [10, 65, 154]:

$$A_T = L_b (J_1 - J_0), \quad (2.24)$$

Энтальпию атмосферного воздуха можно представить следующей суммой [65]:

$$J_0 = J_c + 0,001dJ_n, \quad (2.25)$$

где J_c – энтальпия сухого воздуха $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right]$ и определяется по формуле:

$$J_c = c_b t, \quad (2.26)$$

где c_v – удельная теплоемкость сухого воздуха, $\left[\frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})} \right]$;

d – влагосодержание атмосферного воздуха $\left[\frac{\text{кг}}{\text{кг}}, \frac{\text{г}}{\text{кг}}, \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \right]$ и определяется по формуле:

$$d = \frac{m_{\text{п}}}{m_{\text{с.в.}}}, \quad (2.27)$$

где $m_{\text{п}}$ – масса пара;

$m_{\text{с.в.}}$ – масса или объём сухого воздуха;

$J_{\text{п}}$ – энтальпия водяного пара $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right]$ и определяется по формуле:

$$J_{\text{п}} = 2500 + 1,84t, \quad (2.28)$$

где 2500 – скрытая теплота парообразования (количество энергии, которую одна единица жидкости поглощает при переходе от жидкого состояния к парообразному состоянию или отдает при переходе от парообразного состояния в жидкое состояние).

Выражая J_0 и J_1 в соответствии с вышеприведенными уравнениями при этом, заменяя их в уравнении 2.24, получаем [65]:

$$A_{\text{т}} = L_{\text{в}} \left[c_{\text{в}} \Delta t + 2,5(d_1 - d_0) + 1,84 \cdot 10^{-3}(d_1 t_1 - d_0 t_0) \right], \quad (2.29)$$

где d_0 – влагосодержание атмосферного воздуха,

d_1 – влагосодержание подогретого воздуха;

t_0 – температура атмосферного воздуха, $[^\circ\text{C}]$;

t_1 – температура подогретого воздуха, $[^\circ\text{C}]$;

Δt – повышение температуры подогреваемого воздуха, $[^\circ\text{C}]$.

Таким образом, расчет теплоты конденсации водяного пара внутри индивидуального хранилища теплового устройства хранения техники с учетом условий изменения климата на территории Клепиковского района Рязанской области показал, что время конденсации водяного пара будет составлять примерно 0,5-1 часа, что также отвечает потребной мощности электрических источников инфракрасного излучения 150 Вт.

Под излучением понимают перенос в пространстве от одного тела к другому энергии либо с помощью материальных частиц (α - и β -излучения при радиоактивном распаде), либо с помощью переменного электромагнитного поля (γ -излучение, рентгеновское излучение, свет, инфракрасные лучи и радиоволны) [52].

Из всего разнообразия видов излучений в дальнейшем будет рассматриваться только так называемое инфракрасное излучение.

Инфракрасное излучение испускается всеми телами при любых температурах, отличных от абсолютного нуля [81].

Инфракрасные лучи часто называют тепловыми лучами. В действительности они не имеют никаких особенных тепловых свойств. Как и другие излучения, они могут быть поглощены телами, помещенными на их пути, и превратиться в теплоту. Однако тепло является только результатом поглощения инфракрасных лучей и не составляет их специфического признака [81].

Инфракрасное излучение, так же как и видимый свет, в однородной среде по прямой линии, подчинены закону обратных квадратов, могут отражаться, преломляться, претерпевать дифракцию, интерференцию и поляризацию. Скорость распространения инфракрасных лучей равна скорости света [81].

Использование конкретного вида нагревателей зависит от характеристик объекта обогрева и технических характеристик электронагревателей, например напряжение, мощность и т.п.

Проанализировав, полученные данные мы пришли к выводу, что рациональным и эффективным способом обогрева объекта хранения будет применение низкотемпературных нагревателей, предназначенных для создания системы распределенного инфракрасного отопления [82], например, пленочный лучистый электронагревательный элемент – ПЛЭН-1, мощностью 175 [Вт].

Пленочный лучистый электронагревательный элемент – это низкотемпературный обогреватель для потолочного и напольного обогрева. Он имеет пленочную основу толщиной не более 400 мкм, отличается гибкостью и удобством монтажа. Температура нагрева рабочей поверхности электронагревателя находится в пределах 50 °С.

Основными нагревательными элементами обогревателей данного типа являются инфракрасные излучатели, которые представляют собой электрические нагревательные элементы сопротивления, генерирующие инфракрасное излучение. По закону Ленца-Джоуля, при прохождении электрического тока через электронагревательный элемент на нем выделяется тепло. Оно контактным методом распространяется по передающему элементу к поверхности нагревателя. Поверхность нагревателя при нагреве начинает излучать инфракрасные волны в средневолновом диапазоне невидимой области спектра [82].

Длина и ширина пленочного электронагревательного элемента несоизмеримо велика в сравнении с его толщиной. Поэтому такой элемент имеет развитую поверхность нагрева, что является основной особенностью и преимуществом пленочных нагревателей [82].

Нагревательный элемент в пленочном нагревателе делается из проводника с высоким сопротивлением. Как правило, это тонкая полоска либо из нихрома, либо из углеродного волокна – карбон. Нихром, например, применяется для изготовления нихромовой нагревательной спирали в имеющих стальную оболочку трубчатых электронагревателях (ТЭН). Стоит

отметить, что практически все производители пленочных нагревателей в настоящее время применяют углеродное волокно [21, 49, 100, 132].

В принципе действия инфракрасных нагревателей заложена их универсальность и высокая экономичность. При заданных определенных характеристиках инфракрасного излучения происходит, обогрев объекта хранения, находящегося в зоне действия нагревателя и при этом практически не нагревается окружающий воздух. То есть дополнительные затраты энергии на нагрев воздуха в объеме помещения не требуются. Кроме того, обогрев при помощи инфракрасного излучения позволяет создавать различные температурные зоны в одном помещении [82, 109, 136, 154].

Все источники энергии излучения можно разбить на три основные группы – тепловые, люминесцентные и смешанные. Наиболее распространенной группой источников излучения в природе являются тепловые источники. Мощность их излучения зависит от температуры, размера и свойства поверхности излучающего тела. Тепловые источники излучения могут быть трех видов – абсолютно черным телом, у которого поглощательная способность не зависит от длины падающего на него излучения и от температуры его поверхности и остается всегда равной единице, серым телом, у которого поглощательная способность, оставаясь меньше единицы, зависит от температуры, но не зависит от длины волны падающего излучения, избирательно-поглощающим телом, у которого поглощательная способность, оставаясь меньше единицы, зависит от длины волны падающего излучения и от температуры тела [52].

Излучение абсолютно черного тела может быть рассчитано в соответствии со следующими законами [38, 52, 81].

Закон Кирхгофа указывает на то, что отношение излучательной и поглощательной способностей одной и той же точки тела, для одной и той же длины волны излучения, одного и того же направления и при данной температуре для всех тел есть величина постоянная [52].

$$\frac{e_{\lambda T}}{a_{\lambda T}} = \frac{e'_{\lambda T}}{a'_{\lambda T}} = \dots = \text{const}, \quad (2.38)$$

В случае абсолютно черного тела ($a'_{\lambda T} = 1$) равенство примет вид [52]:

$$\frac{e_{\lambda T}}{a_{\lambda T}} = E_{\lambda T}, \quad (2.39)$$

Суммарную плотность излучения абсолютно черного тела, т.е. плотность излучения в диапазоне длин волн $0 \dots \infty$, определяют по закону Стефана-Больцмана [81]

$$j = \sigma T^4, \quad (2.40)$$

где j – плотность излучения, $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]$;

T – температура абсолютно черного тела, $[\text{К}]$;

$\sigma = (5,6697 \pm 0,0029) \cdot 10^{-12} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4} \right]$. В инженерных расчетах принимают

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4} \right] = 5,67 \cdot 10^{-12} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4} \right].$$

Согласно определению лучистый поток, излучаемый абсолютно черным телом площадью S , определяется по формуле:

$$\Phi = j \cdot S, \quad (2.41)$$

Введенное понятие «серое тело» расширяет возможности практического использования закона Стефана-Больцмана, который для серого излучения принимает вид [81]:

$$j = \varepsilon_T \cdot \sigma \cdot T^4, \quad (2.42)$$

где ε_T – коэффициент излучения, который зависит от материала, температуры, состояния излучаемой поверхности и степени ее окисления.

Положение максимума кривой излучения при различных температурах абсолютно черного тела определяется законом Вина (закон смещения) [52]:

$$\lambda_{\text{макс}} T = 2,9 \cdot 10^{-3}, \quad (2.43)$$

где $\lambda_{\text{макс}}$ выражается в [м].

Закон Вина утверждает, что произведение абсолютной температуры излучающего тела T на длину волны излучения с максимальной энергией $\lambda_{\text{макс}}$ величина постоянная [145].

Лучистый теплообмен между телами представляет собой процесс распространения внутренней энергии, которая излучается в виде электромагнитных волн в видимой и инфракрасной области спектра [38].

Воздух прозрачен для теплового излучения, поэтому температура воздуха не повышается при прохождении через него лучистого тепла. Тепловые лучи поглощаются предметами, нагревают их и они становятся излучателями тепла. Воздух, соприкасаясь с нагретыми телами, также нагревается и температура воздушной среды внутри индивидуального хранилища теплового устройства хранения техники возрастает [38, 56, 107, 109, 154].

Основная физическая характеристика инфракрасного излучения – это интенсивность теплового излучения. Интенсивность теплового излучения может быть определена по формуле [38, 56]:

для $l \geq \sqrt{F_{\text{ИК}}}$

$$E_{\text{ИК}} = 0,91 \frac{F_{\text{ИК}}}{l^2} \left[\left(\frac{T_{\text{ИК}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{обл}}}{100} \right)^4 \right], \quad (2.44)$$

для $l < \sqrt{F_{\text{ИК}}}$

$$E_{\text{ИК}} = 0,91 \frac{F_{\text{ИК}}}{l} \left[\left(\frac{T_{\text{ИК}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{обл}}}{100} \right)^4 \right], \quad (2.45)$$

где $E_{\text{ИК}}$ – интенсивность теплового излучения, $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}, \frac{\text{ккал}}{\text{ч} \cdot \text{м}^2} \right]$;

$F_{\text{ИК}}$ – площадь поверхности излучающего элемента, $[\text{м}^2]$;

l – расстояние от поверхности излучающего элемента до поверхности изолируемого объекта хранения, [м];

$T_{\text{ик}}$ – абсолютная температура поверхности излучающего элемента, [K];

$$T_{\text{ик}} = t^{\circ}\text{C} + 273\text{K},$$

t – температура поверхности излучающего элемента, $[\text{C}]$;

$T_{\text{обл}}$ – температура облучаемой части, $[\text{C}]$.

Из уравнений (2.44 и 2.45) следует, что интенсивность теплового излучения зависит от температуры поверхности излучающего элемента, площади поверхности излучающего элемента и расстояния от поверхности излучающего элемента до поверхности изолируемого объекта хранения.

Выводы по второй главе

1. Теоретические исследования показали, что для защиты техники от воздействия на нее окружающей среды в нерабочий период можно использовать индивидуальное хранилище, стены, и крыша которого представлены в виде многослойной ограждающей конструкции, выполненной из двух слоев укрывного материала, внутреннего теплоизоляционного слоя с теплоотражающим слоем с обеих сторон и наружного слоя из серебристо-серого светоотражающего тентового полотна, разделенных воздушным пространством, включающего металлический каркас. Система инфракрасного обогрева исключает вероятность выпадения росы на поверхности изолируемого объекта хранения при резких колебаниях температуры воздуха.

2. Термическое сопротивление многослойной ограждающей конструкции устройства хранения техники зависит от теплопроводности материалов, составляющих ограждение, а также от структуры самого ограждения. Таким требованиям отвечает многослойная ограждающая конструкция, выполненная из двух слоев укрывного материала, внутреннего теплоизоляционного слоя «Тепофол», который состоит из несшитого вспененного полиэтилена толщиной 5 мм с теплоотражающим слоем с обеих сторон, выполненным из металлизированной пленки и наружного слоя из

серебристо-серого светоотражающего тентового полотна из тарпаулина плотностью 120 г/м² разделенных воздушным пространством толщиной 50 мм, выполняющим функцию дополнительной теплоизоляции.

3. Для исключения возможности выпадения росы внутри индивидуального хранилища объемом 21 м³, при посуточной скорости изменения температуры равной 1,5°C за три часа, мощность инфракрасного нагревателя должна быть не менее 150 Вт.

4. Установлено, что интенсивность теплового излучения зависит от температуры поверхности излучающего элемента, площади поверхности излучающего элемента и расстояния от поверхности излучающего элемента до поверхности изолируемого объекта хранения.

ГЛАВА 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТРОЙСТВА ХРАНЕНИЯ ТЕХНИКИ

3.1 Программа экспериментальных исследований

Теоретические исследования показали, что между теплоизоляционными свойствами многослойной ограждающей конструкцией устройства хранения техники и тепловым режимом изолируемого объекта хранения существует определенная взаимосвязь. Многослойная ограждающая конструкция устройства хранения техники отражает тепло в виде тепловой энергии, возвращая его обратно к источнику излучения, т.е. к изолируемому объекту хранения. Также многослойная ограждающая конструкция устройства хранения техники позволяет установить так называемый «барьер» на пути переноса тепла от изолируемого объекта хранения в окружающую среду в виде тепловой энергии, при условии, что детали и узлы этого объекта хранения будут полностью ограждены от попадания на них солнечной радиации и осадков. Программа экспериментальных исследований включала проведение лабораторных и полевых испытаний. Задачами лабораторных исследований являлись:

- исследование эффективной теплопроводности фрагмента теплового устройства хранения техники.

Основными задачами полевых испытаний являлись:

- исследование климата Клепиковского района Рязанской области;
- экспериментальное уточнение параметров теплового устройства хранения техники;
- производственные исследования экспериментального теплового устройства хранения техники для оценки его экономических показателей.

Объектом изучения в процессе длительного хранения была зерновая сеялка СЗУ-3,6. Такой выбор был сделан не случайно. Зерновая сеялка СЗУ-3,6 является объектом сельскохозяйственной техники, который работает пусть и непродолжительный промежуток времени года, но в весьма тяжелых

и напряженных условиях, причем с агрессивными материалами и средами. Также в нем применяются конструкционные материалы характерные для достаточно большего количества различных единиц сельскохозяйственной техники. Вместе с тем, технологический процесс хранения зерновой сеялки СЗУ-3,6 содержит в себе полный набор операций в части подготовки и содержания ее при хранении.

3.2 Методика лабораторных исследований

Суть лабораторного исследования заключается в создании стационарного теплового потока, проходящего через плоский фрагмент теплового устройства хранения техники определенной толщины и направленного к наибольшим граням фрагмента, измерении плотности этого теплового потока и температуры противоположенных граней.

Стационарный тепловой поток формируется при неизменных во времени температурах внутреннего и внешнего воздуха, т.е. это идеализированная модель проводимости, когда разность температур, определяющая проводимость, постоянная.

Фрагмент теплового устройства хранения техники собран из профиля направляющего ПН-2 50х40 с помощью вытяжных заклепок 3,2х6 мм в виде экспериментальной панели имеющей конфигурацию прямоугольного параллелепипеда, наибольшие грани которого имеют форму прямоугольника со сторонами, равными сторонам контура рабочего проема морозильной камеры холодильной установки. Причем наибольшие грани экспериментальной панели, которые контактируют с контуром рабочего проема морозильной камеры холодильной установки, сделаны плоскими и параллельными. По бокам экспериментальной панели установлены специальные кронштейны для ее крепления на контуре рабочего проема морозильной камеры холодильной установки (рисунок 3.1).



1 – специальные кронштейны для крепления экспериментальной панели на контуре рабочего проема морозильной камеры холодильной установки;
2 – кронштейн для крепления выносного проводного зонда (датчика) цифрового термометра-гигрометра FY-12 (T+W).

Рисунок 3.1 – Экспериментальная панель

Для фиксации экспериментальной панели на контуре рабочего проема морозильной камеры холодильной установки применялся резиновый жгут Эсмарха (рисунок 3.2).

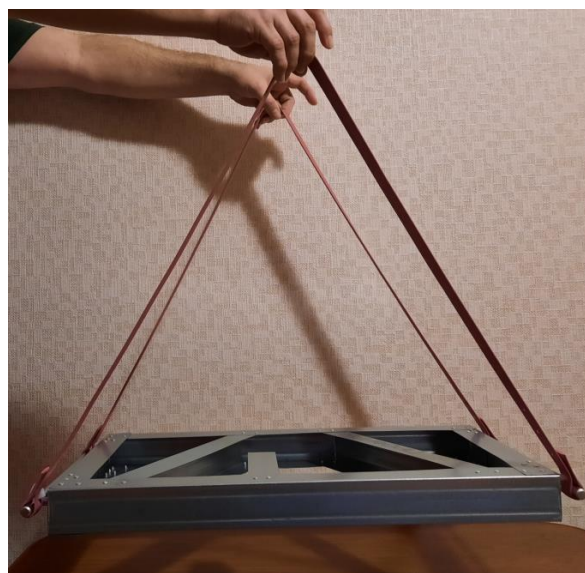


Рисунок 3.2 – Способ фиксации экспериментальной панели на контуре рабочего проема морозильной камеры холодильной установки

Плотность прилегания экспериментальной панели при фиксации ее на контуре рабочего проема морозильной камеры холодильной установки

достигалась при помощи прямоугольной уплотнительной резинки с профилем Р1 (под планку) из полимерного материала для морозильной камеры холодильной установки.

Толщина экспериментальной панели равна 50 мм. Такой выбор обусловлен тем, что увеличение толщины воздушной прослойки в 5 раз (с 10 до 50 мм) повысило термическое сопротивление вертикальной прослойки только на 12,5%, а при дальнейшем увеличении толщины воздушной прослойки ее термическое сопротивление возрастает совсем незначительно. Это, прежде всего, связано с тем, что с увеличением толщины воздушной прослойки конвекционные токи воздуха становятся более интенсивными. В тонких воздушных прослойках, наоборот, восходящий и нисходящий токи воздуха тормозятся и в очень тонких воздушных прослойках, например, тогда когда толщина воздушной прослойки достигает 5 мм и меньше, токи воздуха отсутствуют совсем [148].

Наибольшие грани экспериментальной панели обтягивались укрывным материалом так, чтобы одна из наибольших граней экспериментальной панели была покрыта тентовой тканью из тарпаулина плотностью $120 \left[\frac{\text{г}}{\text{м}^3} \right]$, а другая – металлизированной теплоизоляцией «Тепофол». При этом образуется воздушная прослойка, которая выполняет функцию дополнительной теплоизоляции.

Тентовая ткань из тарпаулина $120 \left[\frac{\text{г}}{\text{м}^3} \right]$ – это универсальный укрывной материал толщина, которого равна 2 мм. Сырьем для его производства служат или полиэтилен (РЕ) или полипропилен (РР). Плотную ткань с усиленным краем изготавливают путем переплетения полимерных нитей в полотно. Затем это полотно ламинируют расплавом полиэтилена высокого давления, получая при этом свето- и водонепроницаемую ткань.

Плотная ткань с усиленным краем предназначена для использования при температуре от – 40 до + 50°С. Изделия на полиэтиленовой основе

долговечнее и прочнее. Они дольше выносят нагрузку после начала воздействия на них низких температур и солнечного излучения.

Металлизированная теплоизоляция «Тепофол» – это теплоизоляционный материал, который состоит из несшитого вспененного полиэтилена толщиной от 2 до 10 мм с теплоотражающим слоем с обеих сторон, выполненным из металлизированной пленки. В зависимости от способа их получения возможно формирование, как сшитого полиэтилена, так и несшитого вспененного полиэтилена.

Сшитый вспененный полиэтилен – это полимер с модифицированной структурой молекулярных связей. Является наиболее плотным среди других полиэтиленовых материалов и имеет более высокие технические показатели эксплуатации. Различают два типа сшитого полиэтилена: физически сшитый (при помощи электронов) и химически сшитый (при помощи химических реагентов).

Физически сшитый полиэтилен – получают при помощи облучения пучком электронов высокой энергии экструзионного листа. При облучении полимеров электронами, образуются свободные радикалы, что приводит к появлению структур межмолекулярных связей.

Химически сшитый полиэтилен – получают при помощи введения специальных компонентов или присадок в состав гомогенизированного (измельчение и равномерное распределение компонентов внутри жидкой или полужидкой среды) расплава с дальнейшим вспениванием его и последующей обработкой, после чего образуются связи на уровне молекул.

Несшитый вспененный полиэтилен – получается при вспенивании полиэтилена сжиженным природным газом или другими вспенивающими веществами в экструдере (машина для размягчения (пластфикации) материалов и придание им формы путем продавливания через профилирующий инструмент, так называемую экструзионную головку, сечение которого соответствует конфигурации изделия) под давлением происходит расплав и смешивание полиэтилена со вспенивающим реагентом.

По ряду целевых характеристик (теплопроводности, снижению уровня ударного шума, звукопоглощению, паронепроницаемости) не уступает сшитому вспененному полиэтилену, а за счет того, что несшитый вспененный полиэтилен в 2,5-5 раз дешевле, чем сшитый вспененный полиэтилен широко применяется в качестве теплоизоляции различных объектов.

В нашем случае «Тепофол» получают методом экструзии с использованием экологически безопасного гранулированного полиэтилена высокого давления.

Морозильная камера холодильной установки имеет контур рабочего проема 575x450 мм и температуру в данной камере, достигаемой при испытании, равную – 18°C.

Экспериментальная панель выдерживалась в помещении с температурой воздуха 19,5-21,5°C и относительной влажностью 45-55%.

Для контроля и измерения температуры, наружных и внутренних поверхностей укрывного материала наибольших граней экспериментальной панели на ней были установлены электронные термометры с выносным проводным, водонепроницаемым датчиком REZER TP-22/OT-NOM10 (рисунок 3.3). Диапазон измерения температуры от – 50 до + 110°C, точность измерения $\pm 1-2^\circ\text{C}$.



Рисунок 3.3 – Электронный термометр с выносным проводным, водонепроницаемым датчиком REZER TP-22/OT-NOM1

Температуры по слоям многослойного ограждения и на поверхности воздушной прослойки $\tau_{1в.п.}$ и $\tau_{2в.п.}$ вычисляют по формуле (нумерация слоев принимается от внутренней поверхности ограждения) [28]:

$$\tau_n = t_b - \frac{t_b - t_n}{R_0} \left(R_0 + \sum_{n=1} R \right), \quad (3.1)$$

где τ_n – температура на внутренней поверхности n-го слоя ограждения, $[^{\circ}\text{C}]$;

t_b – расчетная температура внутреннего воздуха, $[^{\circ}\text{C}]$;

t_n – расчетная температура наружного воздуха, $[^{\circ}\text{C}]$;

R_0 – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $\left[\frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}} \right]$;

$\sum R$ – сумма термических сопротивлений слоев ограждения, $\left[\frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}} \right]$.

Для контроля и измерения температуры и влажности воздуха внутри экспериментальной панели был установлен цифровой термометр-гигрометр с выносным проводным зондом (датчиком) FY-12 (рисунок 3.4). Диапазон измерения температуры от -50 до $+70^{\circ}\text{C}$, точность измерения $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Диапазон измерения влажности от 10 до 99%, точность измерения $\pm 5\%$.



Рисунок 3.4 – Цифровой термометр-гигрометр с выносным проводным зондом (датчиком) FY-12

Для обеспечения удобства экспериментального исследования теплопроводности и термического сопротивления фрагмента теплового укрытия хранения техники при стационарном тепловом режиме было изготовлено устройство для измерения температуры и влажности. Устройство содержит информационную панель, подставка и стойка которой представлена в виде комбинации измерительных приборов, а именно электронных термометров REZER TP-22/OT-HOM1 (T1, T2, T3 и T4) и термометра-гигрометра FY-12 (T+W).

Общий вид установки для исследования теплопроводности и термического сопротивления фрагмента теплового укрытия хранения техники при стационарном тепловом режиме представлен на рисунке 3.5.



1 – экспериментальная панель; 2 – выносной проводной зонд (датчик) (T+W); 3 – скоба прижимная, для выносного проводного зонда (датчика) (T+W); 4 – комбинация измерительных приборов; 5 – выносные проводные, водонепроницаемые датчики электронных термометров (T1, T2, T3 и T4); 6 – цифровой термометр-гигрометр FY-12 (T+W); 7 – электронные термометры REZER TP-22/OT-NOM1 (T1, T2, T3 и T4).

Рисунок 3.5 – Установка для исследования фрагмента теплового устройства хранения техники

Лабораторные исследования проводились в два этапа. На первом этапе исследования, подлежащую испытанию экспериментальную панель устанавливали на контур рабочего проема морозильной камеры холодильной установки, и закрепляли неподвижно в установленных точках крепления (рисунок 3.6 и 3.7). При этом наибольшая грань экспериментальной панели, покрытая тентовой тканью из тарпаулина, была обращена в сторону морозильной камеры холодильной установки. Одновременно с этим на другой грани данной экспериментальной панели была закреплена металлизированная теплоизоляция «Тепофол».



1 – прямоугольная уплотнительная резинка с профилем Р1 (под планку);
2 – выносной проводной, водонепроницаемый датчик электронного термометра (Т1); 3 – тентовая ткань из тарпаулина.

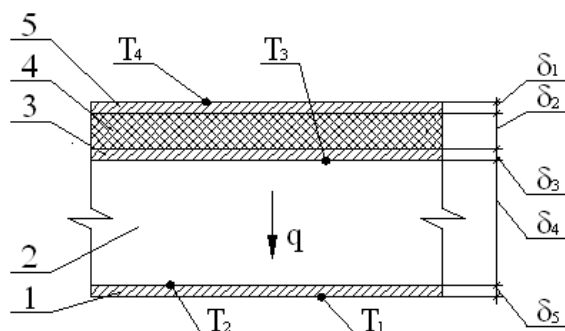
Рисунок 3.6 – Наибольшая грань экспериментальной панели, обтянутая укрывным материалом при первом этапе исследования



1 – комбинация измерительных приборов; 2 – металлизированная теплоизоляция «Тепофол»; 3 и 5 – точки крепления экспериментальной панели; 4 – выносной проводной, водонепроницаемый датчик электронного термометра (Т4);

Рисунок 3.7 – Установка экспериментальной панели на контур рабочего проема морозильной камеры холодильной установки при первом этапе исследования

Схема рассматриваемой конструкции экспериментальной панели, на которой установлены выносные проводные, водонепроницаемые датчики электронных термометров при первом этапе исследования представлена на рисунке 3.8.



1 – тентовая ткань из тарпаулина; 2 – воздушная прослойка; 3 и 5 – металлизированный слой теплоизоляции «Тепофол»; 4 – слой несшитого вспененного полиэтилена теплоизоляции «Тепофол»; T1, T2, T3 и T4 – выносные проводные, водонепроницаемые датчики электронных термометров; q – тепловой поток; $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_5$ – толщина слоя.

Рисунок 3.8 – Схема рассматриваемой конструкции при первом этапе исследования

Показания температуры наружных и внутренних поверхностей укрывного материала наибольших граней экспериментальной панели достигших установившегося значения при первом этапе исследования представлены на рисунке 3.9.

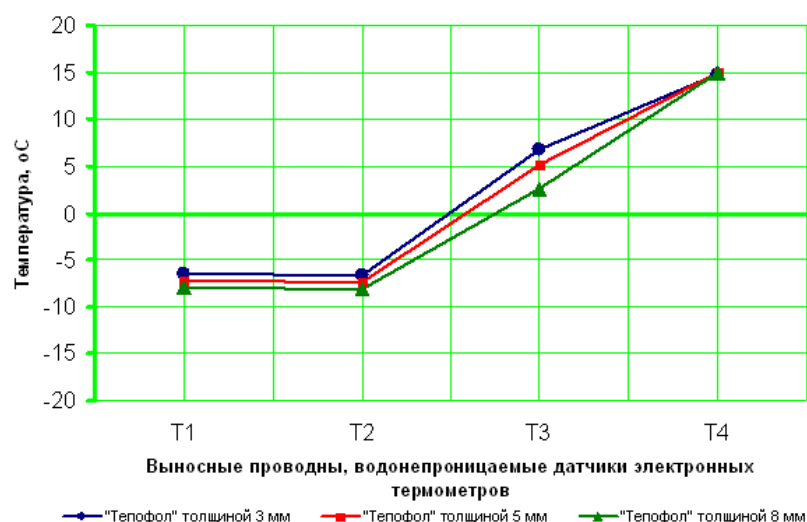


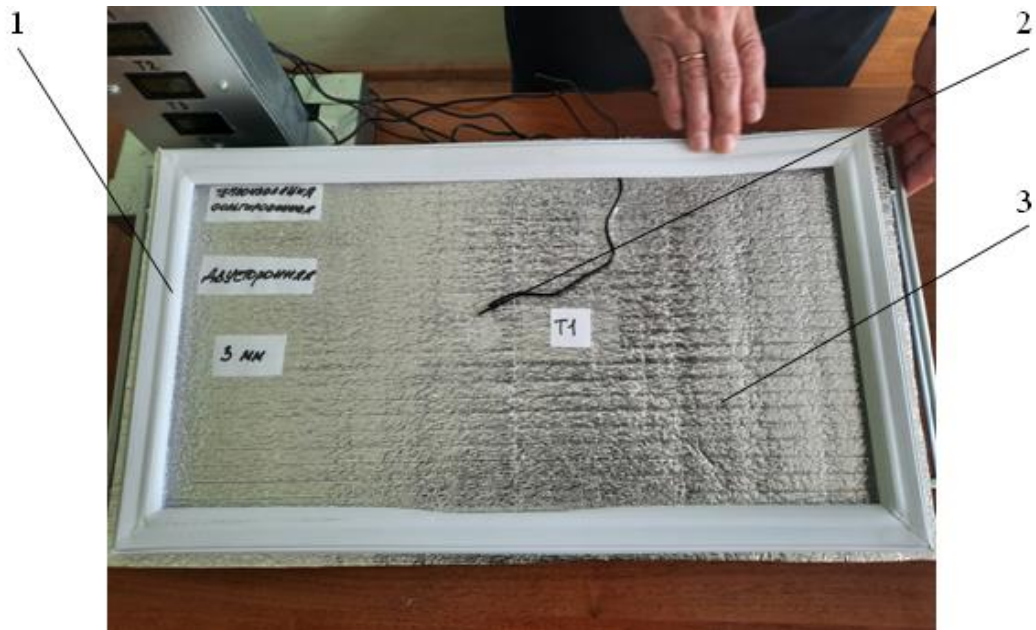
Рисунок 3.9 – Температура укрывного материала наибольших граней экспериментальной панели при первом этапе исследования

Результаты определения эффективности теплотехнических свойств фрагмента теплового устройства хранения техники с учетом трех вариантов толщины металлизированной теплоизоляции «Тепофол» при первом этапе исследования, представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты теплотехнических исследований фрагмента теплового устройства хранения техники на первом этапе

Величина и обозначение	Единица измерения	Наименование и толщина укрывного материала		
		«Тепофол», $\delta_{\text{теп.}} = 0,003 \text{ м}$	«Тепофол», $\delta_{\text{теп.}} = 0,005 \text{ м}$	«Тепофол», $\delta_{\text{теп.}} = 0,008 \text{ м}$
Толщина воздушной прослойки, $\delta_{\text{в.п.}}$	м	0,05	0,05	0,05
Толщина тарпаулина, $\delta_{\text{тар.}}$	м	0,002	0,002	0,002
Общая толщина экспериментальной панели, $\delta_{\text{э.п.}}$	м	0,055	0,057	0,060
Термическое сопротивление воздушной прослойки, $R_{\text{в.п.}}$	$\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	0,442	0,451	0,470
Термическое сопротивление Теплофола, $R_{\text{теп.}}$	$\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	0,091	0,151	0,242
Термическое сопротивление тарпаулина, $R_{\text{тар.}}$	$\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	0,004	0,004	0,004
Суммарное термическое сопротивление, $R_{\text{э.п.}}$	$\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	0,537	0,606	0,716
Эффективная теплопроводность экспериментальной панели, $\lambda_{\text{эфф.}}$	$\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	0,102	0,094	0,083

На втором этапе, наоборот, в сторону морозильной камеры холодильной установки была обращена наибольшая грань экспериментальной панели, покрытая металлизированной теплоизоляцией «Тепофол». Одновременно с этим на другой грани данной панели была закреплена тентовая ткань из тарпаулина плотностью (рисунок 3.10, 3.11).



1 – прямоугольная уплотнительная резинка с профилем Р1 (под планку);
2 – выносной проводной, водонепроницаемый датчик электронного термометра (Т1); 3 – металлизированная теплоизоляция «Тепофол».

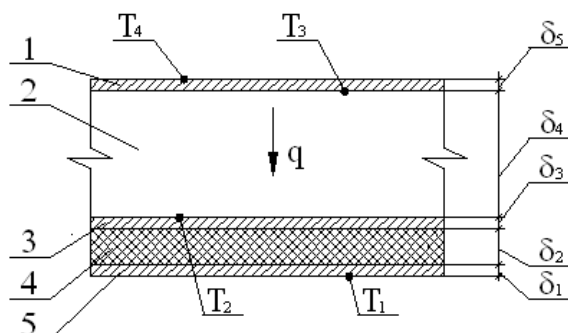
Рисунок 3.10 – Наибольшая грань экспериментальной панели, обтянутая укрывным материалом при втором этапе исследования



1 – комбинация измерительных приборов; 2 – тентовая ткань из тарпаулина;
3 и 5 – точки крепления экспериментальной панели; 4 – выносной проводной, водонепроницаемый датчик электронного термометра (Т4);

Рисунок 3.11 – Установка экспериментальной панели на контур рабочего проема морозильной камеры холодильной установки при втором этапе исследования

Схема рассматриваемой конструкции экспериментальной панели, на которой установлены выносные проводные, водонепроницаемые датчики электронных термометров при втором этапе исследования представлена на рисунке 3.12.



1 – тентовая ткань из тарпаулина; 2 – воздушная прослойка; 3 и 5 – металлизированный слой теплоизоляции «Тепол»; 4 – слой несшитого вспененного полиэтилена теплоизоляции «Тепол»; T1, T2, T3 и T4 – выносные проводные, водонепроницаемые датчики электронных термометров; q – тепловой поток; $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_5$ – толщина слоя.

Рисунок 3.12 – Схема рассматриваемой конструкции при втором этапе исследования

Показания температура наружных и внутренних поверхностей укрывного материала наибольших граней экспериментальной панели достигших установившегося значения при первом этапе исследования представлены на рисунке 3.13.

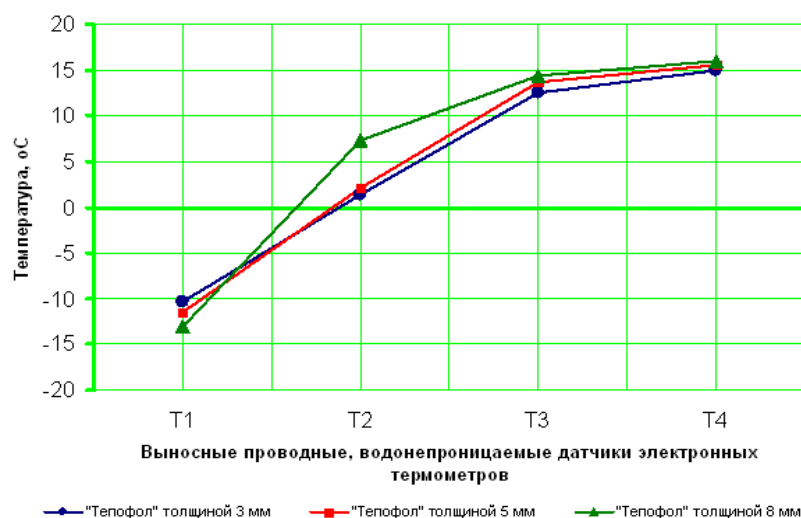


Рисунок 3.13 – Температура укрывного материала наибольших граней экспериментальной панели при первом этапе исследования

Результаты определения эффективности теплотехнических свойств теплового устройства хранения техники с учетом трех вариантов толщины металлизированной теплоизоляции «Тепофол» при втором этапе исследования, представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты теплотехнических исследований экспериментальной панели на втором этапе

Величина и обозначение	Единица измерения	Наименование и толщина укрывного материала		
		«Тепофол», $\delta_{\text{теп.}} = 0,003 \text{ м}$	«Тепофол», $\delta_{\text{теп.}} = 0,005 \text{ м}$	«Тепофол», $\delta_{\text{теп.}} = 0,008 \text{ м}$
Толщина воздушной прослойки, $\delta_{\text{в.п.}}$	м	0,05	0,05	0,05
Толщина тарпаулина, $\delta_{\text{тар.}}$	м	0,002	0,002	0,002
Общая толщина экспериментальной панели, $\delta_{\text{э.п.}}$	м	0,055	0,057	0,060
Термическое сопротивление воздушной прослойки, $R_{\text{в.п.}}$	$\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	0,461	0,461	0,503
Термическое сопротивление Теплофола, $R_{\text{теп.}}$	$\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	0,091	0,151	0,242
Термическое сопротивление Тарпаулина, $R_{\text{тар.}}$	$\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	0,004	0,004	0,004
Суммарное термическое сопротивление, $R_{\text{э.п.}}$	$\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	0,556	0,616	0,749
Эффективная теплопроводность экспериментальной панели, $\lambda_{\text{эфф.}}$	$\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	0,098	0,092	0,080

В целях оценки эффективности применения многослойной каркаснотентовой конструкции устройства для длительного хранения сельскохозяйственной техники исследования экспериментальной панели в каждом из этапов были проведены с учетом трех вариантов толщины теплоизоляционного укрывного материала «Тепофол», а именно 3, 5 и 8 мм.

Расположение экспериментальной панели во всех случаях было вертикальное.

Крепление выносных проводных, водонепроницаемых датчиков электронных термометров к наружным и внутренним поверхностям укрывного материала наибольших граней экспериментальной панели осуществлялось с помощью кремнийорганической теплопроводной пасты КПТ-8 и клейкой ленты типа «Скотч» [27, 137, 154].

Устанавливали заданное значение температуры морозильной камеры холодильной установки и последовательно через каждые 15 минут снимали показания датчиков температур наружных и внутренних поверхностей укрывного материала наибольших граней экспериментальной панели.

Тепловой поток через испытываемую экспериментальную панель считали стационарным тогда когда показания датчиков температур наружных и внутренних поверхностей укрывного материала ее наибольших граней достигали установившегося значения.

Из полученных данных лабораторного исследования видно, что значительная часть величины сопротивления теплопроводности экспериментальной панели составляет термическое сопротивление ее воздушной прослойки. Такой показатель сопротивления теплопроводности воздушной прослойки экспериментальной панели объясняется малым коэффициентом теплопроводности неподвижного воздуха.

На основании плана Бокса-Бенкина был проведен многофакторный эксперимент для оценки эффективности применения многослойного ограждения теплового устройства хранения техники с учетом трех вариантов толщины теплоизоляционного укрывного материала «Тепофол» для каждого из этапов [86, 92].

В качестве параметров оптимизации использовали плотность теплового потока проходящего через многослойную ограждающую конструкцию теплового устройства хранения техники. На основании серии экспериментов, в трехкратной повторности, установлены уровни варьирования факторов

(таблица 3.3). Основные статистические характеристики определяли при помощи программы для ЭВМ – STATISTICA v 10.0 [117].

Таблица 3.3 – Таблица кодирования факторов

Наименование фактора	Кодированное значение факторов	Действительное значение факторов
Толщина укрывного материала «Тепофол»	– (нижний)	0,003 м
	0 (нулевой)	0,005 м
	+ (верхний)	0,008 м

3.3 Методика исследований в производственных условиях

В исследованиях проводилась сравнительная оценка эффективности предлагаемого способа хранения СХТ с другими способами хранения техники данного вида.

Испытания теплоизоляционных свойств многослойной ограждающей конструкции теплового устройства хранения техники проводились в ООО «Рассвет» Клепиковского района Рязанской области. Объектами изучения в процессе длительного хранения были зерновые сеялки СЗ-3,6 в количестве четырех единиц. Процесс хранения четырех единиц зерновых сеялок СЗ-3,6 осуществлялся следующим образом: 1 ед. на открытой оборудованной площадке, 1 ед. СХТ под навесом, 1 ед. СХТ в закрытом помещении и 1 ед. СХТ внутри индивидуального хранилища теплового устройства хранения техники. Последний способ хранения СХТ с применением предлагаемого устройства хранения техники представлен на рисунках 3.14 и 3.15.

Климат является одной из физико-географических характеристик местности, и, таким образом, он определяется, прежде всего, географическим положением последней, т.е. широтой, распределением суши и моря, характером суши. В формировании климата любой местности большую роль играет ее высота над уровнем моря, климата морских побережий и островных стран – течения в океане [6, 149].



Рисунок 3.14 – Каркас теплового устройства хранения техники



Рисунок 3.15 – Общий вид теплового устройства хранения техники

Данный специальный прибор позволяет нам фиксировать изменение влажности, характеристику и скорость ветра, сохранение температурных значений в течение длительного периода, определение точки росы, измерение температуры охлаждения ветром [137, 154]. Технические данные приведены в приложении 1.

Для определения влияния процесса теплообмена на развитие коррозионного разрушения и старения полимеров конкретного объекта СХТ при его хранении, на нем закреплялись металлические пластины, марки стали 08кп квадратной формы с размером стенки 150 мм и толщиной 1,2 мм (рисунок 3.6). При креплении образцов выполнялись следующие условия:

- не допускалось стекания влаги с элементов конструкции объекта СХТ на ниже установленные образцы;
- крепление образцов осуществлялось с помощью стальной низкоуглеродистой проволоки общего назначения [22].



1 — металлическая пластина с лакокрасочным покрытием; 2 — металлическая пластина без покрытия (чистый металл).

Рисунок 3.17 – Крепление металлических пластин на секции зерновой сеялки СЗУ-3,6

На объекте хранения размещалось не менее 16 образцов из каждой контрольной единицы [97, 137, 154]. Экспериментальные исследования проводились по образцам двух видов (см. таблицу 3.4).

Таблица 3.4 – Характеристика образцов для исследования сохранности при различных способах их хранения.

№ п/п	Исследуемый процесс	Материал образца	Вид покрытия	Характеристика защитного покрытия
1	Коррозия металлов	Марка стали 08кп	Без покрытия	Шероховатость поверхности образца, Rz 125
2	Старение полимеров	Марка стали 08кп	Лакокрасочное покрытие	Эмаль «KUDO», толщина покрытия 150 +/- 5 мкм.

Толщина нанесенного защитного лакокрасочного покрытия контролировалась с помощью дефектоскопа ДАМИ-С09 (рисунок 3.18) [137, 154]. Технические данные прибора приведены в приложении 2.



1 – блок управления дефектоскопа; 2 – интерфейсный кабель USB; 3 – преобразователь.

Рисунок 3.18 – Дефектоскоп ДАМИ-С09 [137, 154]

Исследования влияния климата и его составляющих на развитие процесса коррозии металла и старения полимеров деталей и узлов СХТ проводились в период ее длительного хранения. Контроль над выпадением росы на поверхности СХТ проводился ежедневно, а потери металла и

разрушение лакокрасочного покрытия металлических пластин оценивались ежемесячно. Результаты исследований заносятся в специальный журнал [32, 57, 137]. Потери металла металлических пластин определялись по ГОСТу 9.401-91 [25, 64, 137].

Разрушение лакокрасочных покрытий нанесенных ранее на металлические пластины оценивались по методикам, определенных по ГОСТу 9.401-91, при этом проводились исследования двух параметров определяющих защитные свойства лакокрасочного покрытия, а именно растрескивание (нарушение сплошного покрытия) и потеря блеска (меление) [137, 154].

Нарушение сплошного покрытия определялось с помощью специального прибора – дефектоскоп «Пульсар 2И», который позволяет проводить контроль целостности лакокрасочного покрытия и фиксировать все микротрещины, появившиеся в лакокрасочном покрытии металлических пластин в процессе экспериментального исследования (рисунок 3.19) [137, 154]. Технические данные прибора приведены в приложении 4.



1 – высоковольтный трансформатор; 2,3,4 – комплект электродов; 5 – блок контроля; 6 – насадка-удлинитель для высоковольтного электрода.

Рисунок 3.19 – Дефектоскоп импульсный электроискровой «Пульсар 2И» [137, 154]

Потери блеска лакокрасочного покрытия в процессе экспериментального исследования контролировалось с помощью

специального прибора – блескомер фотоэлектрический БФ5М-45/0/45 (рисунок 3.20) [137, 154]. Технические данные прибора приведены в приложении 3.



1 – блескомер; 2 – защитная крышка; 3 – блок питания; 4 – регулировочная отвертка.

Рисунок 3.20 – Блескомер фотоэлектрический БФ5М-45/0/45 [137, 154]

Для определения показателей надежности объекта СХТ в зависимости от способа его хранения, проводилось наблюдение за хранением и работой зерновой сеялки СЗУ-3,6, а также хронометраж работ связанных с подготовкой ее к хранению и восстановлением ее работоспособности.

Для получения достоверных показателей надежности согласно РД 50-690-89 «Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным» длительность наблюдений определялась по формуле [97, 105, 121, 137]:

$$T = \frac{qS}{N}, \quad (3.3)$$

где q – показатель, для доверительной вероятности 0,9 и при коэффициенте вариации равном 0,15 $q = 56$ [3, 86, 97, 137];

S – средняя наработка на отказ зерновой сеялки $S = 64$, га [86, 134, 137];

N – количество наблюдаемых зерновых сеялок.

Эксплуатационные показатели работы зерновых сеялок СЗУ-3,6 оценивались по средней наработке на отказ и коэффициенту технической готовности.

Средняя наработка на отказ объекта СХТ рассчитывается по формуле:

$$T_o = \frac{\sum_{i=1}^n t_i + (N - m)t_m}{m}, \quad (3.4)$$

где t_i – наработка i -го объекта СХТ в процессе эксплуатации;

t_m – наибольшая наработка на отказ;

m – количество отказов объекта СХТ в процессе эксплуатации;

N – количество наблюдаемых объектов СХТ.

Усредненные расходы на обеспечение работоспособности i -го узла объекта СХТ рассчитывались по формуле [70, 86, 137]:

$$S_i = \frac{\sum_{i=1}^m \cdot C_i}{m_i}, \quad (3.5)$$

где C_i – расходы на обеспечение работоспособности объекта СХТ при i -ом варианте хранения;

m_i – число отказов объекта СХТ в процессе эксплуатации при i -ом варианте хранения.

Расходы на обеспечение работоспособности объекта СХТ и его деталей и узлов включают расходы на техническое обслуживание, ремонт и устранение отказов и определяется по формулам [70, 86, 137]:

$$C_i^P = (P_i^P + P_i^M + P_i^{3ч}) \cdot K, \quad (3.6)$$

где C_i^P – расходы на ремонт объекта СХТ при i -ом варианте хранения;

P_i^P – расходы на проведение работ по ремонту объекта СХТ при i -ом варианте хранения;

P_i^M – расходы на материалы, при ремонте объекта СХТ при i -ом варианте хранения;

$P_i^{3ч}$ – расходы на запасные части, используемые взамен деталей и узлов объекта СХТ при i -ом варианте хранения;

K – коэффициент накладных расходов при ремонте объекта СХТ в ремонтных мастерских.

$$C_i^{TO} = P_i^{ETO} \cdot N_i^{ETO} + P_i^{TO} \cdot N_i^{TO}, \quad (3.7)$$

где C_i^{TO} – расходы на техническое обслуживание при i -ом варианте хранения;

P_i^{ETO} – расходы на ежемесячное техническое обслуживание объекта СХТ при i -ом варианте хранения;

N_i^{ETO} – число ежемесячных технических обслуживаний объекта СХТ при i -ом варианте хранения;

P_i^{TO} – расходы на техническое обслуживание объекта СХТ при i -ом варианте хранения;

N_i^{TO} – число технических обслуживаний объекта СХТ при i -ом варианте хранения;

$$C_i^O = \Sigma(P_{z-i}^O + Y_{z-i}^O), \quad (3.8)$$

где C_i^O – расходы на устранение отказов объекта СХТ при i -ом варианте хранения;

P_{z-i}^O – расходы на диагностику и устранение z -го отказа объекта СХТ при i -ом варианте хранения;

Y_{z-i}^O – ущерб от простоя во время устранения z -го отказа объекта СХТ при i -ом варианте хранения.

Расходы на диагностику и устранение отказа объекта СХТ, а также ущерб от простоя во время ремонта объекта СХТ определялись по формулам [86, 93, 137]:

$$P_{z-i}^O = P_{z-i}^P + P_{z-i}^M + P_{z-i}^{3ч}, \quad (3.9)$$

где P_{z-i}^O – расходы на диагностику и устранение z -го отказа объекта СХТ при i -ом варианте хранения;

P_{z-i}^P – расходы на проведение работ по ремонту объекта СХТ при устранении z -го отказа данного объекта при i -ом варианте хранения;

P_{z-i}^M – расходы на материалы, при ремонте объекта СХТ при устранении z -го отказа данного объекта при i -ом варианте хранения;

$P_{z-i}^{3Ч}$ – расходы на запасные части, используемые взамен деталей и узлов объекта СХТ при устранении z -го отказа данного объекта при i -ом варианте хранения.

$$Y_{z-i}^O = (C_K + C_{\Pi} + Y_{\Pi}) \cdot (t_{P_{z-i}^O} + t_{Y_{z-i}^O}), \quad (3.10)$$

где C_K и C_{Π} – часовые тарифные ставки обслуживающего персонала;

Y_{Π} – ущерб часа простоя объекта СХТ;

$t_{P_{z-i}^O}$ и $t_{Y_{z-i}^O}$ – время диагностики и ремонта z -го отказа, а также время ожидания устранения отказа.

Расходы на хранение объекта СХТ при i -ом способе хранения определялись по формуле:

$$C_{xp} = A_{xi} + O_{xi} + P_{xi} + M_{xi}, \quad (3.11)$$

где A_{xi} , P_{xi} – расходы на ремонт и амортизацию оборудованных мест при i -ом варианте хранения;

O_{xi} – оплата труда обслуживающего персонала при i -ом варианте хранения;

M_{xi} – стоимость расходных материалов при i -ом варианте хранения.

Анализ годовых экономических отчетов хозяйств позволил установить затраты на ремонт объектов СХТ [137]. Затраты не отраженные в годовом экономическом отчете устанавливались на основе документации хозяйства, анализ статистической отчетности Министерства сельского хозяйства и продовольствия Рязанской области, а также на основании хронометража основных технологических операций.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Результаты лабораторных исследований

Лабораторные исследования теплового сопротивления экспериментальной панели проводились на кафедре «ОТП и БЖД» Рязанского ГАТУ.

Исследование проводились в два этапа. Установив заданное значение температуры морозильной камеры холодильной установки, последовательно через каждые 15 минут снимали показания датчиков температур наружных и внутренних поверхностей укрывного материала наибольших граней экспериментальной панели.

Тепловой поток через испытываемую экспериментальную панель считали стационарным тогда когда показания датчиков температур наружных и внутренних поверхностей укрывного материала ее наибольших граней достигали установившегося значения.

На основе экспериментальных данных было получено уравнение регрессии зависимости температуры внутренней стенки экспериментальной панели от толщины изоляционного материала панели и наружной температуры.

$$T_{\text{вн}} = 16,2444 + 0,2833\delta_{\text{теп}} - 0,450T_{\text{нар}} + 0,0833\delta_{\text{теп}}^2 - 0,025\delta_{\text{теп}}T_{\text{нар}} - 0,0167T_{\text{нар}}^2, \quad (4.1)$$

где $T_{\text{вн}}$ – температура внутренней стенки экспериментальной панели, °С;

$\delta_{\text{теп}}$ – толщина изоляционного материала экспериментальной панели «Тепофол»;

$T_{\text{нар}}$ – температура наружной стенки экспериментальной панели.

Анализ уравнения показал, что температура внутренней стенки экспериментальной панели определяется толщиной изоляции и с увеличением толщины изоляции разница температур увеличивается, т.е. возрастает тепловое сопротивление экспериментальной панели. Также в программе STATISTICA 10.0 был построен график зависимости внутренней

температуры стенки экспериментальной панели от толщины изоляционного материала панели и наружной температуры (рисунок 4.1).

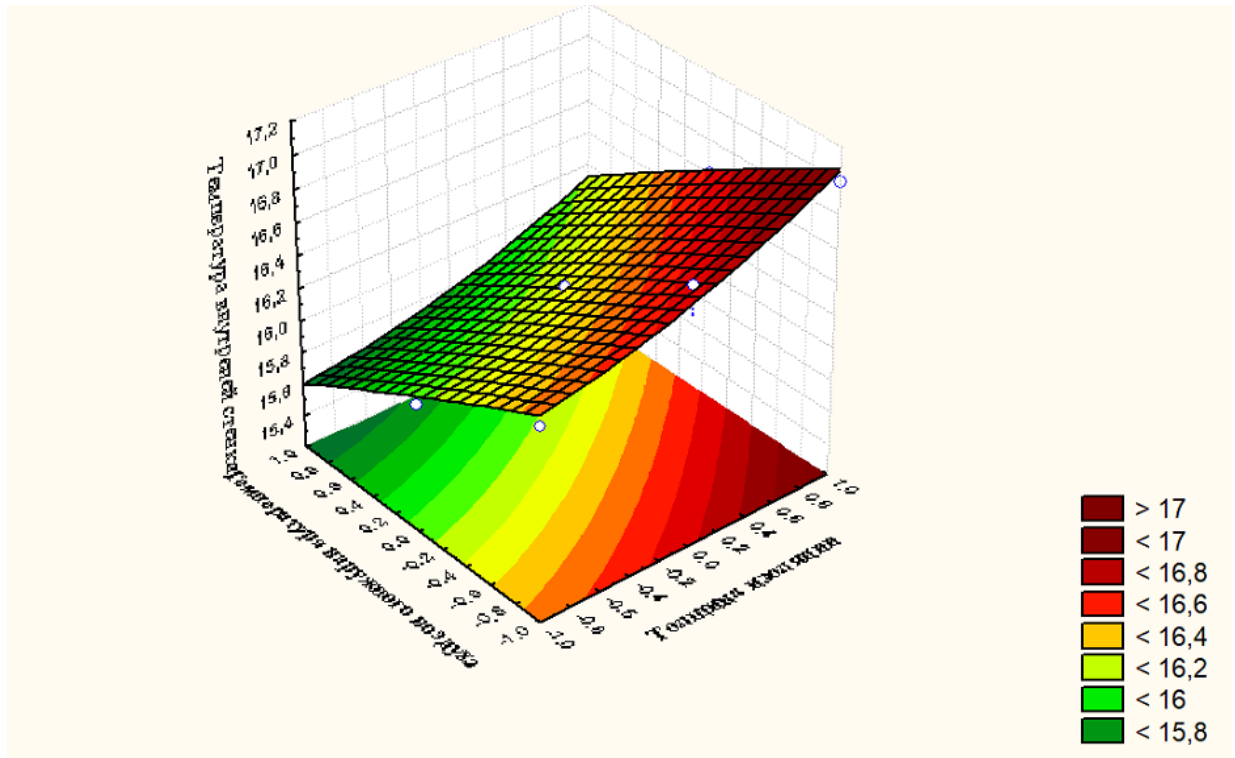


Рисунок 4.1 – График зависимости температуры внутренней стенки экспериментальной панели от толщины изоляционного материала панели и наружной температуры

Анализ рисунка 4.1 показал, что температура наружного воздуха оказывает большее влияние на температуру внутренней стенки, чем толщина изоляции. Это объясняется тем, что экспериментальная панель состоит из множества слоев, и большое количество слоев снижает влияние толщины изоляции экспериментальной панели.

Также в процессе экспериментальных данных было получено уравнение регрессии зависимости температуры воздуха внутри экспериментальной панели от толщины изоляционного материала панели и наружной температуры.

$$T_{\text{э.п.}} = 7,2333 - 0,3333\delta_{\text{теп}} - 1,9667T_{\text{нар}} - 0,2\delta_{\text{теп}}^2 - 0,075\delta_{\text{теп}}T_{\text{нар}}, \quad (4.2)$$

где $T_{\text{э.п.}}$ – температура воздуха внутри экспериментальной панели, °С;

$\delta_{\text{теп}}$ – толщина изоляционного материала экспериментальной панели «Тепофол»;

$T_{\text{нар}}$ – температура наружной стенки экспериментальной панели.

Анализ уравнения показал, что разница температуры наружной стенки и температуры воздуха внутри экспериментальной панели определяется толщиной изоляции и с увеличением толщины изоляции разница температур увеличивается, т.е. возрастает тепловое сопротивление экспериментальной панели. В данном случае значимость толщины изоляционного материала повышается, что при резком изменении температур может приводить к конденсации влаги внутри экспериментальной панели. Также в программе STATISTICA 10.0 был построен график зависимости температуры воздуха внутри экспериментальной панели от толщины изоляционного материала панели и наружной температуры (рисунок 4.2).

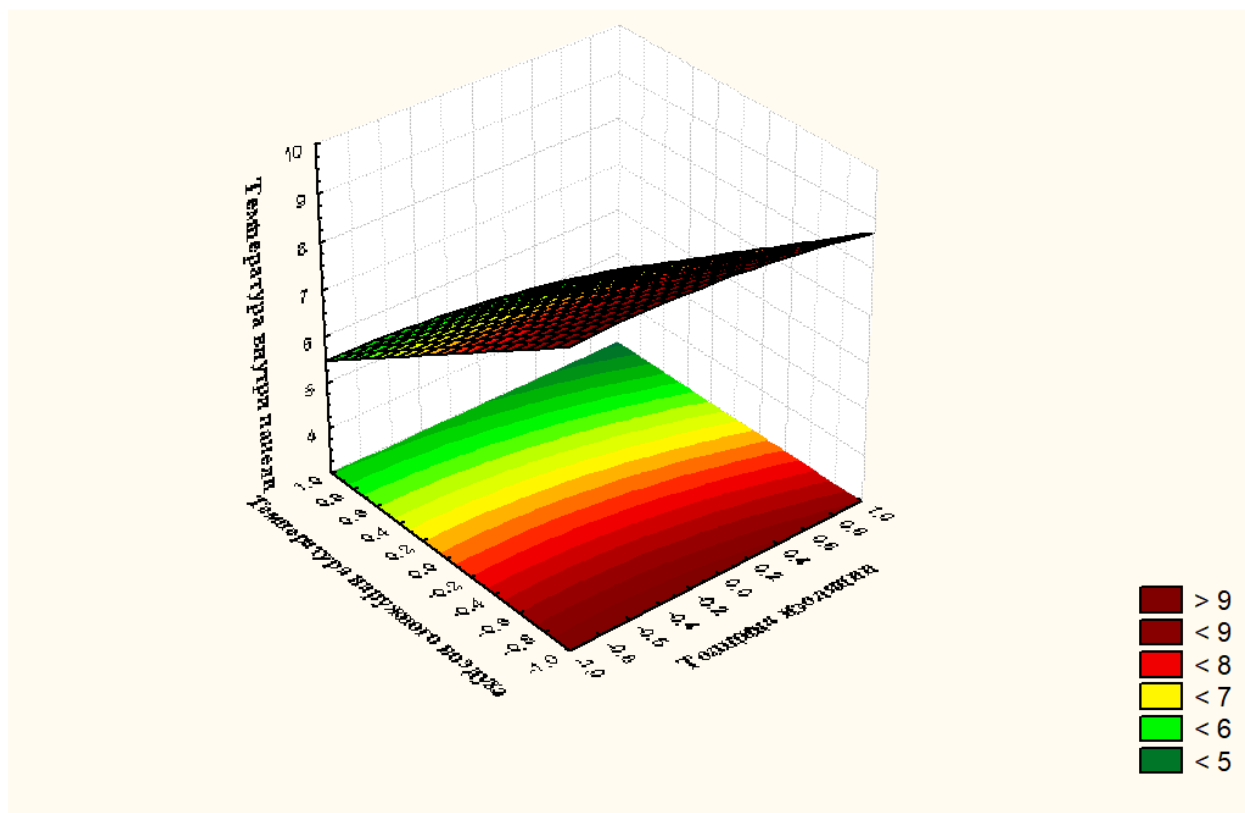


Рисунок 4.2 – График зависимости температуры воздуха внутри экспериментальной панели от толщины изоляционного материала панели и наружной температуры

Анализ рисунка 4.2 показал, что температура воздуха внутри экспериментальной панели в значительной степени определяется температурой наружного воздуха и толщиной изоляции. В данном случае на теплопередачу влияет только изоляционный материал экспериментальной панели «Тепофол» и его толщина определяет скорость изменения температур

внутри экспериментальной панели и возможность образования точки росы на поверхности изоляционного материала панели.

На основе экспериментальных данных было получено уравнение регрессии зависимости разницы температур внутренней и наружной стенок экспериментальной панели от толщины изоляционного материала панели и наружной температуры.

$$\Delta T = 4,1222 + 0,05\delta_{\text{теп}} + 0,4833T_{\text{нар}} + 0,0167\delta_{\text{теп}}^2 + 0,05\delta_{\text{теп}} T_{\text{нар}} - 0,0833T_{\text{нар}}^2, \quad (4.3)$$

где ΔT – разница температур внутренней и наружной стенок экспериментальной панели, °С;

$\delta_{\text{теп}}$ – толщина изоляционного материала экспериментальной панели «Тепофол»;

$T_{\text{нар}}$ – температура наружной стенки экспериментальной панели.

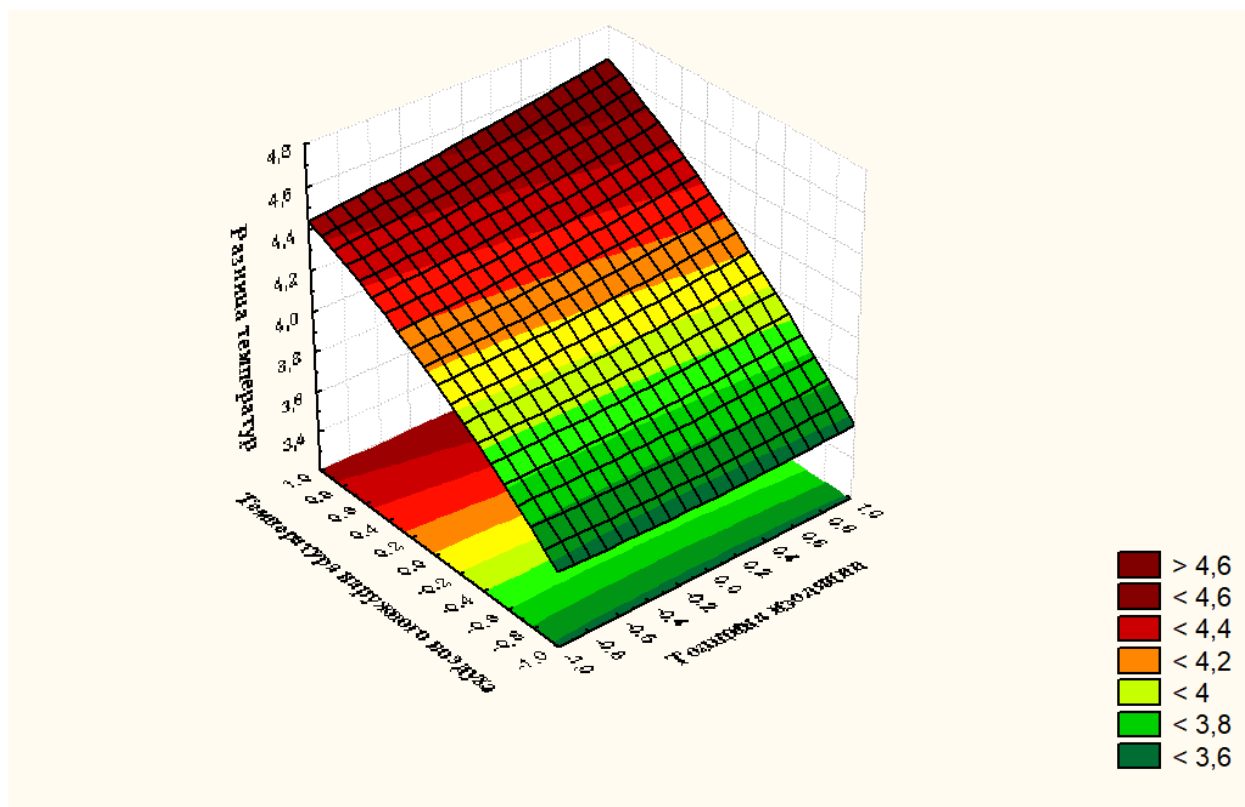


Рисунок 4.3 – График зависимости разницы температур внутренней и наружной стенок экспериментальной панели от толщины изоляционного материала панели и наружной температуры

Анализ уравнения показал, что разница температур наружной и внутренней стенок экспериментальной панели определяется толщиной

изоляции и с увеличением толщины изоляции разница температур увеличивается, т.е. возрастает тепловое сопротивление экспериментальной панели. Также в программе STATISTICA 10.0 был построен график зависимости разницы температур внутренней и наружной стенок экспериментальной панели от толщины изоляционного материала панели и наружной температуры (рисунок 4.3).

Анализ рисунка 4.3 показал, что разница температур внутренней и наружной стенок экспериментальной панели определяется толщиной изоляционного материала панели и температурой наружного воздуха. При этом разница температур внутри и снаружи экспериментальной панели оказывает бóльшее влияние на разницу температур стенок, чем толщина слоя изоляционного материала панели, так как экспериментальная панель выполнена многослойной.

В процессе изменения климата возможно не только охлаждение многослойной каркасно-тентовой конструкции устройства для длительного хранения сельскохозяйственной техники снаружи, но и её быстрый нагрев снаружи тогда, когда внутри данного укрытия сохранились низкие температуры. В данном случае при резком нагреве сельскохозяйственной техники внутри конструкции возможно образование конденсата и возрастает вероятность возникновения коррозии.

При охлаждении с обратной стороны экспериментальной панели было получено уравнение регрессии зависимости температуры наружной стенки экспериментальной панели от толщины изоляционного материала панели и температуры внутреннего воздуха.

$$T_{\text{нар}} = 17 + 0,5667\delta_{\text{теп}} - 0,3667T_{\text{вн}}, \quad (4.4)$$

где $T_{\text{нар}}$ – температура наружной стенки экспериментальной панели, °С;

$\delta_{\text{теп}}$ – толщина изоляционного материала экспериментальной панели «Тепофол»;

$T_{\text{вн}}$ – температура внутренней стенки экспериментальной панели.

Анализ уравнения показал, что наиболее значимым фактором, влияющим на температуру наружной стенки, является толщина изоляционного материала панели. Также в программе STATISTICA 10.0 был построен график зависимости температуры наружной стенки экспериментальной панели от толщины изоляционного материала панели и температуры внутреннего воздуха (рисунок 4.4).

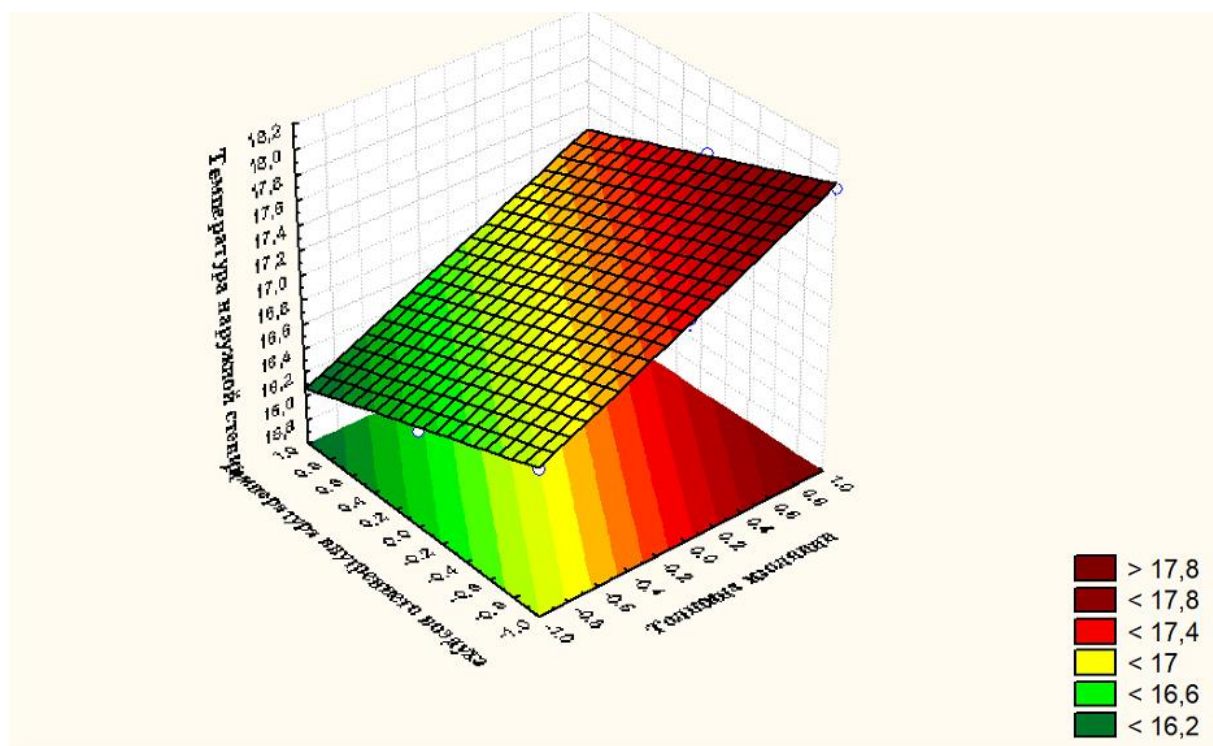


Рисунок 4.4 – График зависимости температуры наружной стенки экспериментальной панели от толщины изоляционного материала панели и температуры внутреннего воздуха

Анализ рисунка 4.4 показал, что температура наружной стенки экспериментальной панели в значительной степени определяется толщиной изоляционного материала панели. Это обусловлено большим тепловым сопротивлением экспериментальной панели.

На основе экспериментальных данных было получено уравнение регрессии зависимости температуры воздуха внутри экспериментальной панели от толщины изоляционного материала панели и от температуры внутреннего воздуха.

$$T_{\text{э.п.}} = 15,8444 + 1,4333\delta_{\text{теп}} - 0,8333T_{\text{вн}} - 0,1667\delta_{\text{теп}}^2 - 0,0667T_{\text{вн}}^2, \quad (4.5)$$

где $T_{\text{э.п.}}$ – температура воздуха внутри экспериментальной панели, °C;

$\delta_{\text{теп}}$ – толщина изоляционного материала экспериментальной панели «Тепофол»;

$T_{\text{вн}}$ – температура внутренней стенки экспериментальной панели.

Анализ уравнения показал, что наиболее значимым фактором, определяющим температуру воздуха внутри экспериментальной панели, является толщина изоляционного материала панели. Также в программе STATISTICA 10.0 был построен график зависимости температуры воздуха внутри панели от толщины изоляционного материала панели и от температуры внутреннего воздуха (рисунок 4.5).

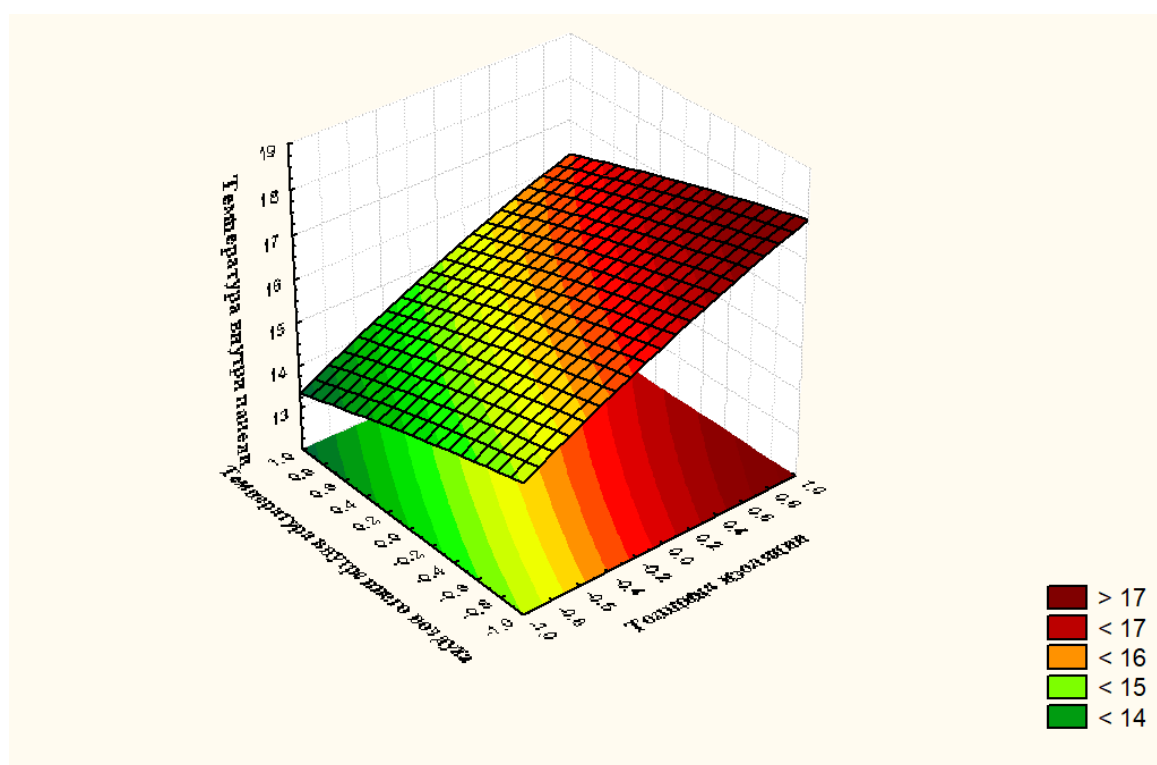


Рисунок 4.5 – График зависимости температуры воздуха внутри панели от толщины изоляционного материала панели и от температуры внутреннего воздуха

Анализ рисунка 4.5 показал, что температура воздуха внутри экспериментальной панели в значительной степени определяется толщиной изоляционного материала панели. В процессе эксперимента установлена возможность образования конденсата внутри экспериментальной панели при толщине изоляционного материала панели «Тепофол» 3 мм. Количество

конденсируемой влаги невелико, так как объем воздуха внутри экспериментальной панели не значительный. При этом влажность воздуха при большой разнице температур стенок внутри экспериментальной панели достигает 54 %.

На основе экспериментальных данных было получено уравнение регрессии зависимости разницы температур внутренней и наружной стенок экспериментальной панели от толщины изоляционного материала панели и внутренней температуры.

$$\Delta T = 2,7 - 0,5667\delta_{\text{теп}} + 0,3667T_{\text{вн}}, \quad (4.6)$$

где ΔT – разница температур внутренней и наружной стенок экспериментальной панели, °C;

$\delta_{\text{теп}}$ – толщина изоляционного материала экспериментальной панели «Тепофол»;

$T_{\text{вн}}$ – температура внутренней стенки экспериментальной панели.

Анализ уравнения показал, что наиболее значимым фактором уравнения является толщина изоляционного материала экспериментальной панели. Также в программе STATISTICA 10.0 был построен график зависимости разницы температур внутренней и наружной стенок экспериментальной панели от толщины изоляционного материала панели и внутренней температуры (рисунок 4.6).

Анализ рисунка 4.6 показал, что разница температур внутренней и наружной стенок экспериментальной панели определяется толщиной изоляционного материала панели и температурой внутреннего воздуха. При этом толщина стенки оказывает большее влияние на разницу температур стенок, чем разница температур воздуха снаружи и внутри экспериментальной панели. При этом максимальная разница температур внутренней и наружной стенок экспериментальной панели в 3,6 °C достигается при максимальной толщине изоляционного материала панели «Тепофол» 8 мм.

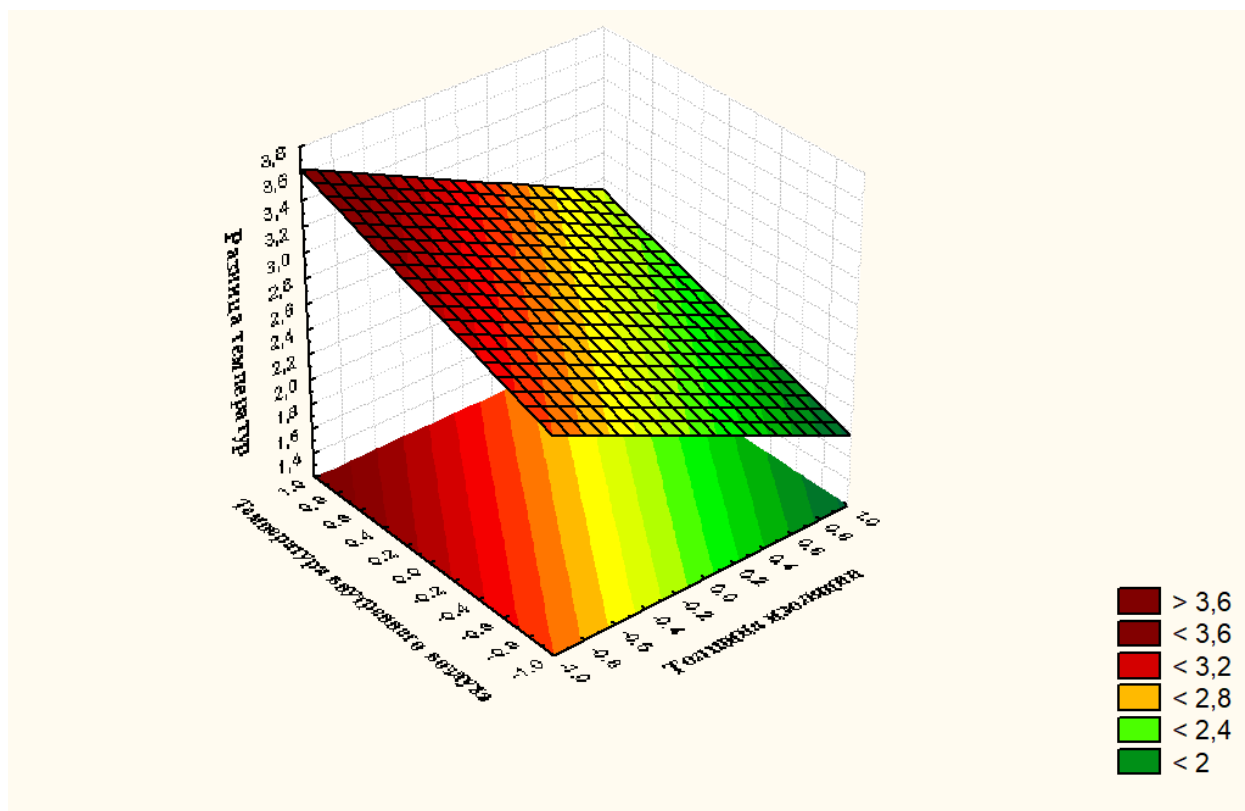


Рисунок 4.6 – График зависимости разницы температур внутренней и наружной стенок экспериментальной панели от толщины изоляционного материала панели и внутренней температуры

Минимальная разница температур внутренней и наружной стенок экспериментальной панели в $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ достигается при максимальной толщине изоляционного материала панели «Тепофол» 3 мм. С учетом исключения образования конденсата внутри экспериментальной панели, принимаем толщину изоляционного материала панели «Тепофол» 5 мм, что соответствует разнице температур в $2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4.2 Результаты исследования зависимости интенсивности излучения от расстояния до источника

Отдача тепла осуществляется, в основном, тремя способами: конвекцией, излучением и испарением. Однако передача тепла инфракрасным излучением является наиболее эффективным способом теплоотдачи.

Основная физическая характеристика инфракрасного излучения – это интенсивность теплового излучения. Интенсивность теплового излучения зависит от температуры поверхности излучающего элемента, площади поверхности излучающего элемента и расстояния от поверхности излучающего элемента до поверхности изолируемого объекта хранения

С целью определения интенсивности излучения от источника инфракрасного излучения до поверхности изолируемого объекта СХТ установленного и направленного в сторону объекта хранения внутри теплового устройства хранения техники экспериментально измерили интенсивность излучения на разных расстояниях от источника.

Исходя из значений, полученных в ходе эксперимента, можно получить следующий график, который представлен на рисунке 4.7.

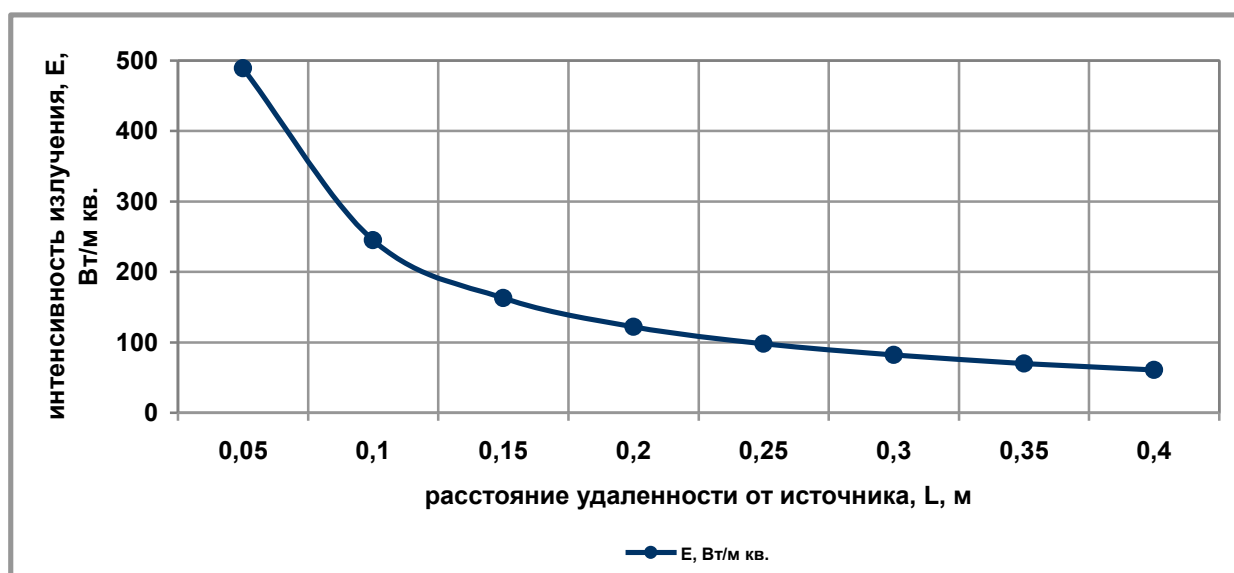


Рисунок 4.7 – Исследование зависимости уровня излучения от расстояния до источника

Анализ рисунка 4.7 показал, что интенсивность излучения от поверхности источника инфракрасного излучения до поверхности изолируемого объекта СХТ также меняется в зависимости от расстояния. В расстоянии до 0,1 м достигается наибольшее значение интенсивности излучения. В ближней и переходных зонах формируется поле излучения. С учетом исключения максимального значения интенсивности излучения, и в

то же время, достигая положительного эффекта интенсивности излучения, принимаем расстояние от поверхности источника инфракрасного излучения до поверхности изолируемого объекта СХТ равное 0,1-0,15 м.

4.3 Результаты исследования условий хранения сельскохозяйственной техники внутри устройства хранения техники

Исследования в полевых условиях сделали возможным установить эффективность хранения конкретного объекта СХТ с применением экспериментального теплового устройства хранения техники.

В результате сравнительного анализа различных способов хранения СХТ в полевых условиях, причем с учётом воздействия на конкретный объект СХТ метеорологических условий были установлены показатели эффективности хранения техники. Показатели изменения климата на территории Клепиковского района Рязанской области за 2024 год представлены в таблице 2.1.

Анализ условий погоды (режим температуры, осадки, ветер, повторяемость и интенсивность метеорологических явлений) за 2024 гг. на территории Клепиковского района Рязанской области показывает, что такие метеорологические элементы как: температура и влажность воздуха, направление и скорость ветра, а также осадки чаще всего меняются в весенне-летние месяцы [161].

Во влажном воздухе у земной поверхности содержание водяного пара составляет в среднем от 0,2% в полярных широтах до 2,5% у экватора, а в отдельных случаях колеблется почти от нуля до 4%. Водяной пар непрерывно поступает в атмосферу путем испарения с водных поверхностей и влажной почвы, а также в результате транспирации растениями. При этом в разных местах и в разное время он поступает в атмосферу в различных количествах. От земной поверхности он распространяется вверх, а воздушными течениями переносится из одних мест Земли в другие [106, 129, 149].

Резкие колебания температуры при высоком уровне влажности воздуха формируют определенные условия, при которых содержащийся в воздухе пар при достижении состояния насыщения начинает конденсироваться в росу.

Анализ атмосферных явлений, связанных с присутствием в атмосфере воды выпадающей из облаков на земную поверхность за весь период хранения СХТ показывает, что самый большой показатель выпадения атмосферных осадков приходится на май и ноябрь. К числу факторов, влияющих на скорость атмосферной коррозии, не меньшую роль, чем степень влажности воздуха, играет состав пленки, сконденсированной на металлической поверхности.

В ходе проведения экспериментальных исследований, с учётом времени года и способа хранения техники, было получено общее количество воды выпавшей из облаков (дождь, морось и т.п.) и выделившейся из воздуха (роса) на поверхность СХТ (рисунок 4.8).



Рисунок 4.8 – Общее количество воды на поверхности СХТ

Анализ рисунка 4.8 показывает, что самое большое количество воды выпавшей из облаков и выделившейся из воздуха приходится на май и ноябрь. При этом образование общего количества воды на поверхности СХТ в значительной мере зависит от способа ее хранения. Так, например общее

количество воды на поверхности СХТ при хранении ее на открытой площадке образуется, смешано за счет воды выпавшей из облаков и воды выделившейся из воздуха. Однако при способе хранения СХТ в закрытом помещении при резких перепадах температуры воздуха окружающей среды на ее поверхности может образовываться конденсат. Также и внутри помещения устройства хранения техники может образовываться конденсат и наледь, как на внутренней поверхности наружного слоя, так и на внутреннем экране многослойной ограждающей конструкции за счет резких перепадов температуры воздуха окружающей среды. Кроме того, выпадение росы на поверхности изолируемого объекта СХТ возможно и при разгерметизации закрытого помещения. Вместе с тем, высокая вероятность выпадения росы наблюдается в весенне-летний период. Так как изолируемый объект СХТ имеет более низкую температуру, то при поступлении внутрь помещения более теплого воздуха окружающей среды данный объект нагревается и на его поверхности выпадает роса. Во избежание выпадения росы на поверхности изолируемого объекта СХТ необходимо, чтобы температура самого объекта СХТ была выше точки насыщения. Иными словами увеличение температуры изолируемого объекта СХТ при разгерметизации закрытого помещения или ограничение интенсивности поступления теплого воздуха окружающей среды внутрь данного помещения дают возможность защититься от выпадения росы.

Для того чтобы более подробно изучить характер образования конденсата на поверхности СХТ, проводились исследования, которые позволили установить особенности выпадения осадков в виде капель воды (осаждающихся вечером, ночью и рано утром) в зависимости от способа хранения техники.

Особенности выпадения осадков в виде капель воды, а именно регулярность выпадения таких осадков, а также временной интервал нахождения осадков в виде капель воды на поверхности СХТ представлены на рисунках 4.9 и 4.10.

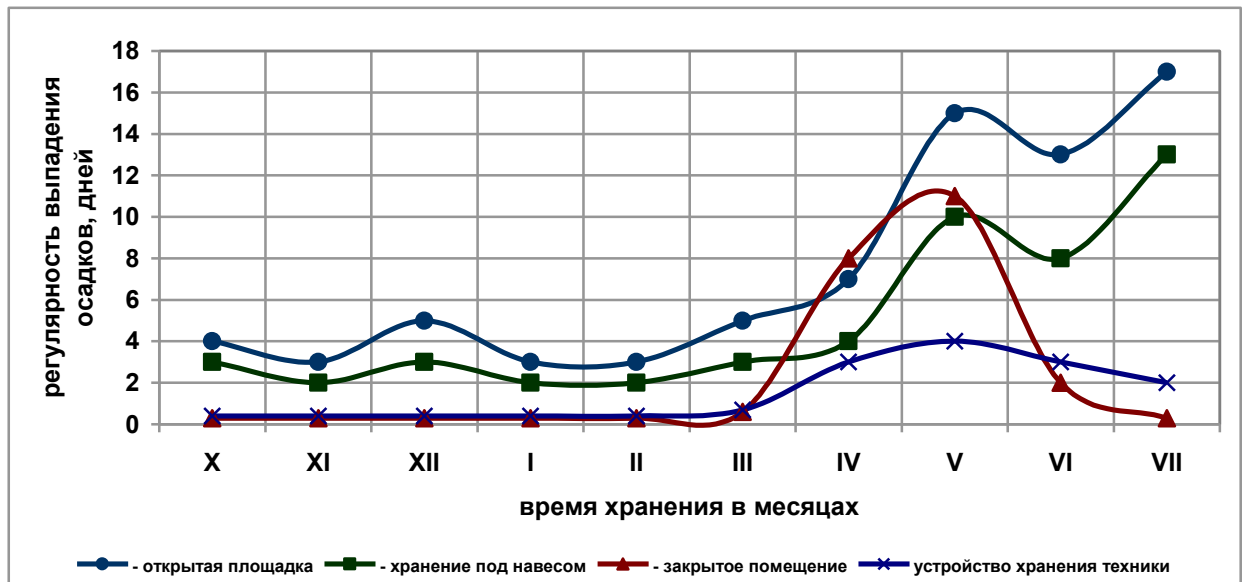


Рисунок 4.9 – Регулярность выпадения осадков в виде капель воды на поверхности СХТ

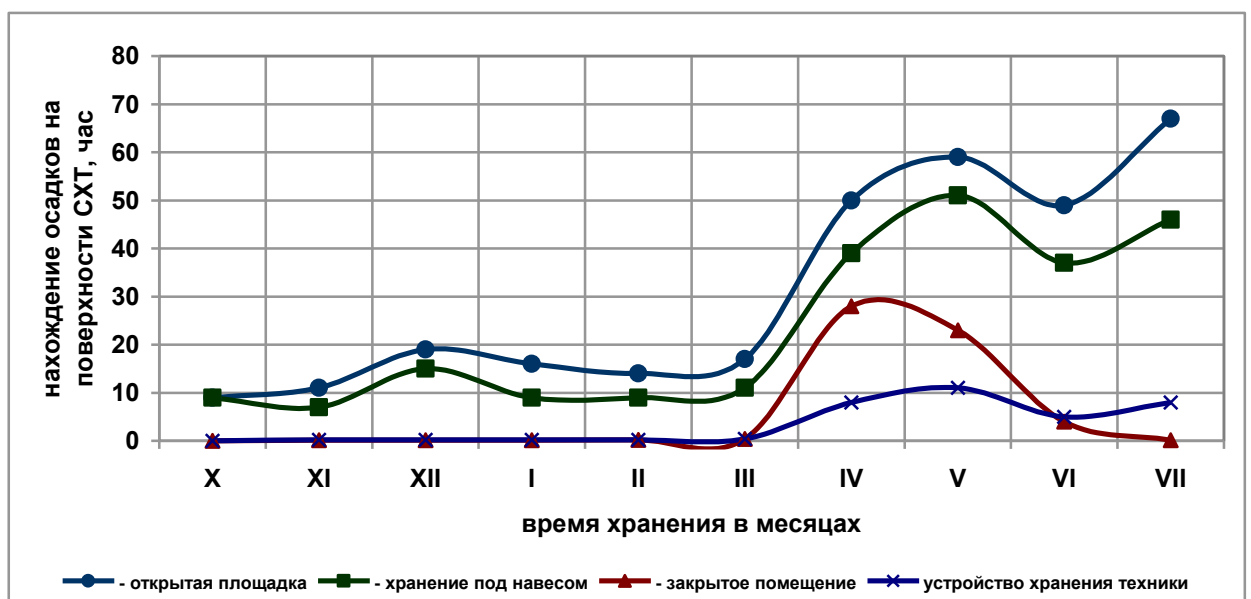


Рисунок 4.10 – Временной интервал нахождения осадков в виде капель воды на поверхности СХТ

На протяжении года происходит смена погодных условий, а вместе с ними и долгосрочные температурные изменения. Смена погодных условий определяет особенности выпадения осадков в виде капель воды. Пиковая регулярность выпадения осадков в виде капель воды на поверхности СХТ приходится на весенне-летний период. Более того, в закрытом помещении, в котором, например, находится изолируемый объект СХТ, также отмечается

регулярное выпадение осадков в виде капель воды. Это происходит чаще всего в весенне-летний период, тогда когда закрытое помещение необходимо будет разгерметизировать для каких-либо определенных нужд, например плановые работы с автомобилем.

Применение теплового устройства позволит исключить выпадение осадков в виде капель воды, вызванного стремительным понижением температуры воздуха до значений точки росы и ниже.

В большей степени выпадение осадков в виде капель воды на поверхности СХТ наблюдается при других способах хранения, как то: хранение на открытой площадке, хранение под навесом. Вместе с тем нельзя обойти вниманием и тот факт, что способ хранения СХТ под навесом несколько отличается от способа хранения данной техники на открытой площадке в части образования конденсата. СХТ как более плотное тело, охлаждается интенсивнее, чем окружающий ее воздух. И если точка росы превысит температуру поверхности СХТ, то на поверхности данной техники выпадут осадки в виде капель воды. Дело в том, что при хранении СХТ на открытой площадке отсутствует какая-либо помеха на пути переноса тепла от техники в окружающую среду в виде тепловой энергии. Тогда как при другом способе хранения СХТ – под навесом, такая помеха есть. Тепловая энергия, встречая на своем пути помеху в виде навеса, частично отражается от него и возвращается обратно к источнику излучения, т.е. к СХТ. В этом случае роса оседает местами на поверхности СХТ.

Пиковый временной интервал нахождения осадков в виде капель воды на поверхности СХТ отслеживается в мае и июль. Для хранения СХТ на открытой площадке прослеживается самый большой временной интервал нахождения осадков в виде капель воды на поверхности данной техники, который достигает примерно 57-65 часов в месяц. При хранении СХТ под навесом, временной интервал нахождения осадков в виде капель воды на поверхности данной техники достигает примерно 44-49 часов в месяц. При хранении СХТ в закрытом помещении, временной интервал нахождения

осадков в виде капель воды на поверхности данной техники достигает примерно 24-26 часов в месяц. И, наконец, хранение СХТ внутри помещений теплового устройства хранения техники достигает примерно 7-10 часов в месяц. Поскольку присутствие осадков в виде капель воды на поверхности СХТ выступает одной из главных причин возникновения процесса коррозии металла: деталей и узлов, хранение данной техники в закрытом помещении или внутри помещения теплового устройства хранения техники являются наилучшими способами хранения. Таким образом, хранение СХТ в закрытом помещении или внутри помещения теплового устройства хранения техники в сравнении с другими способами хранения, как то: хранение на открытой площадке или хранение под навесом, являются наилучшими способами хранения. Из расчета того, что присутствие осадков в виде капель воды на поверхности СХТ, как уже было сказано выше, выступает одной из главных причин возникновения и развития процесса коррозии металла. Временной интервал нахождения осадков в виде капель воды на поверхности СХТ при ее хранении в закрытом помещении также зависит и от разгерметизации данного помещения в период ремонта конкретного объекта СХТ или перемещения другого какого-либо объекта СХТ, т.е. открывают и закрывают ворота гаража.

Исследование климата на территории Клепиковского района Рязанской области показало, что резкие колебания температуры при высоком уровне влажности воздуха, в том числе и технология хранения СХТ, оказывают свое влияние на возникновение и развитие процесса коррозии металла.

В ходе проведения экспериментальных исследований было установлено, что потери металла за весь период хранения 1 ед. зерновой сеялки СЗУ-3,6 в закрытом помещении выявляются в меньшей степени и составляют примерно 22 г/м^2 , чем при хранении 1 ед. такого же объекта СХТ на открытой площадке или под навесом, которые составляют примерно 148 г/м^2 и 129 г/м^2 соответственно. Потери металла при хранении 1 ед.

зерновой сеялки СЗУ-3,6 на открытой площадке с применением устройства хранения техники составили примерно 27 г/м^2 . Для исследования величин коррозионной устойчивости металла применялся метод оценки по потери веса металла. Показатели развития процесса коррозии металла при различных способах хранения СХТ представлены на рисунке 4.11.

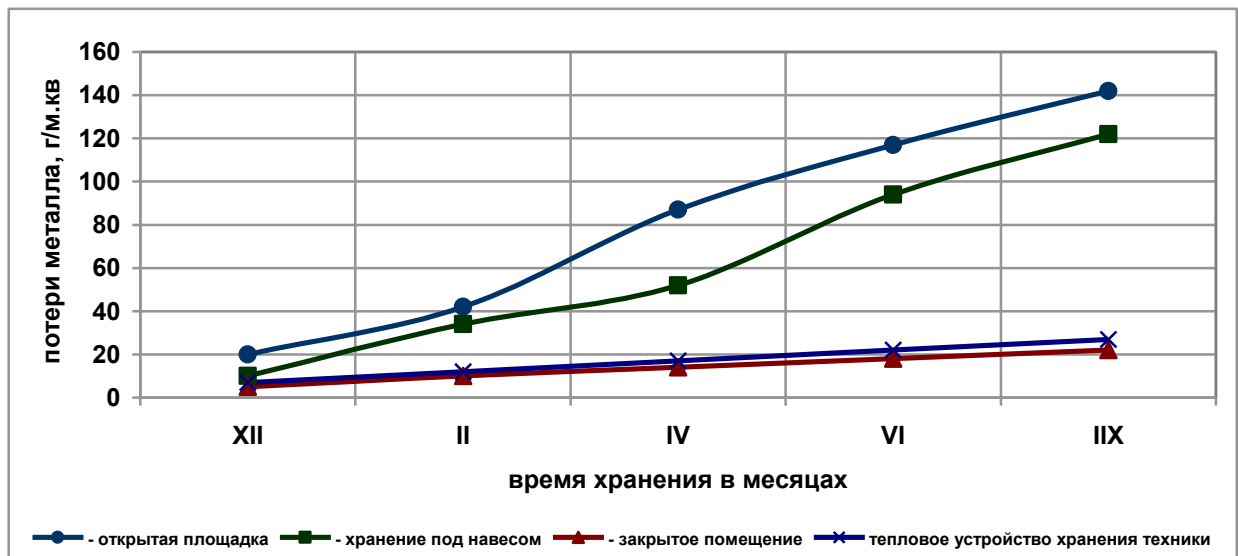


Рисунок 4.11 – Развитие процесса коррозии металла при различных способах хранения СХТ

Поскольку коррозия технических металлов протекает в основном по механизму электрохимических реакций, то старение полимеров вызывается солнечным светом. Особенно глубокое разрушение полимеров возникает при воздействии на них ультрафиолетового излучения. Такое старение полимеров выявляется, например, в исчезновении цвета, потускнении поверхности, растрескивании, а иногда и в полном разрушении самого полимера. Как уже известно, одна из трех частей спектрального диапазона электромагнитного излучения Солнца состоит из ультрафиолетовых волн. Ультрафиолетовое старение является одной из разновидностей старения полимеров.

Солнечное излучение – это мощность на единицу площади получаемая от солнца в виде электромагнитного излучения. Солнечное излучение зачастую интегрируется за определенный период времени, чтобы сообщить о лучистой энергии, излучаемой в окружающую среду за этот период времени

[71]. Временной интервал солнечного излучения при различных способах хранения СХТ представлено на рисунке 4.12.

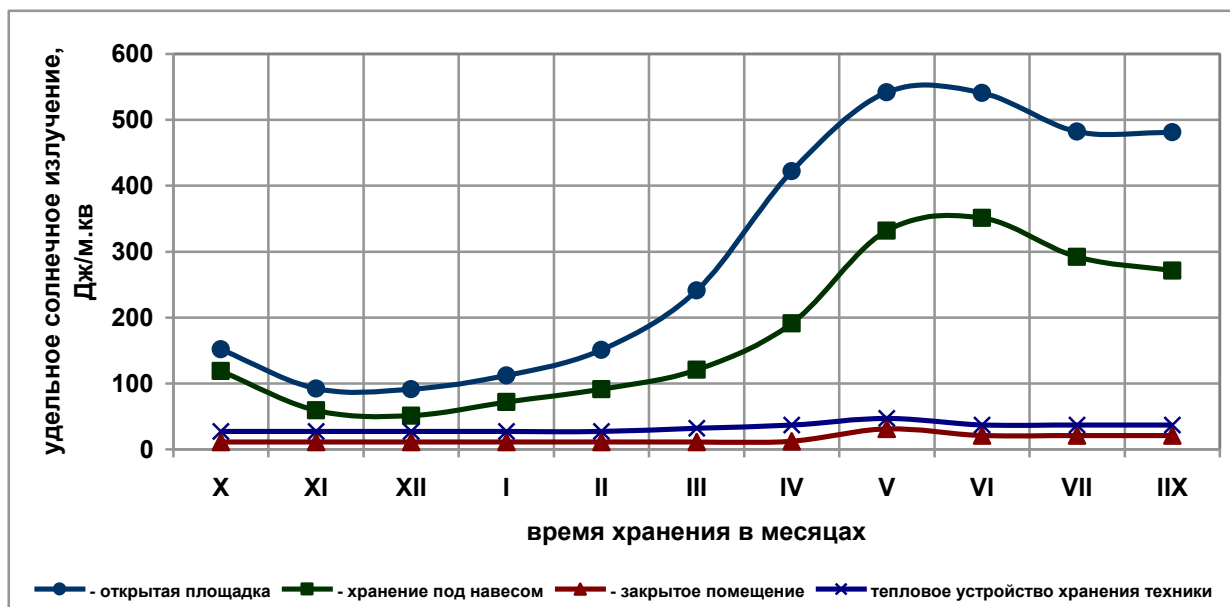


Рисунок 4.12 – Временной интервал солнечного облучения при различных способах хранения СХТ

Экстремальный период солнечного облучения преимущественно отмечается при двух способах хранения СХТ – это хранение техники на открытой площадке и хранение техники под навесом. Хранение СХТ в закрытом помещении или внутри помещения теплового устройства хранения техники также являются наилучшими способами хранения ввиду того, что воздействие солнечного облучения на изолируемый объект хранения в некоторой степени ограничено. Металлизированная изоляция отражает тепловое излучение, возвращая его обратно к источнику тентовое полотно, серебристого цвета, также препятствует передачи тепла от одних тел к другим в виде тепловой энергии.

Экстремальный период солнечного облучения также негативно влияет и на лакокрасочные покрытия. Показатели потери блеска (меления) и растрескивания лакокрасочного покрытия представлены на рисунках 4.13 и 4.14.

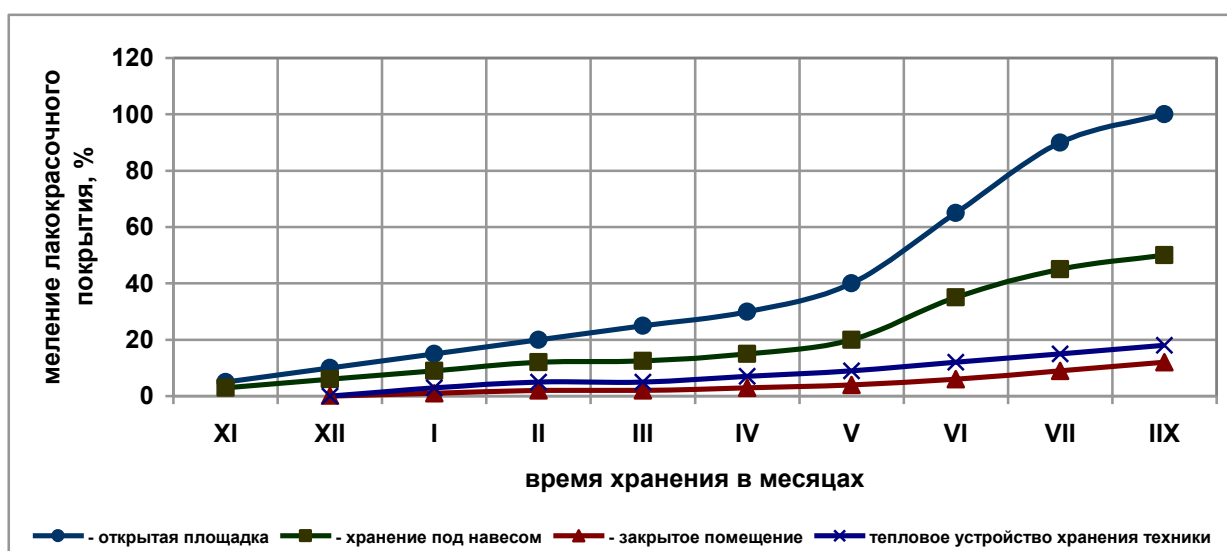


Рисунок 4.13 – Потери блеска лакокрасочного покрытия при различных способах хранения СХТ

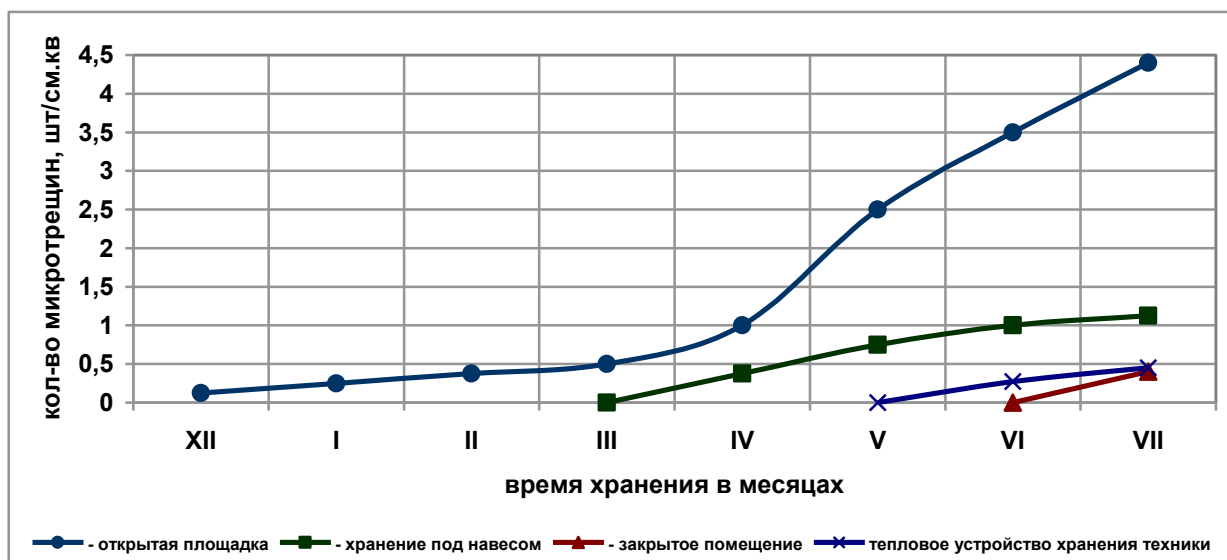


Рисунок 4.14 – Растрескивание лакокрасочного покрытия при различных способах хранения СХТ

Степень меления лакокрасочного покрытия за весь период хранения 1 ед. зерновой сеялки СЗУ-3,6 в закрытом помещении составила примерно 9 % по отношению к степени меления лакокрасочного покрытия 1 ед. такого же объекта СХТ при хранении его на открытой площадке, а концентрация микротрещин равна 0,38 шт/см². Степень меления лакокрасочного покрытия 1 ед. зерновой сеялки СЗУ-3,6 при хранении ее на открытой площадке с применением теплового устройства хранения техники составила 18 % по

отношению к степени меления лакокрасочного покрытия 1 ед. такого же объекта СХТ при хранении его на открытой площадке, концентрация микротрещин при этом не превышала 0,47 шт/см².

Таким образом, для обеспечения готовности СХТ возникает необходимость в применении на местах ее хранения эффективных средств защиты от вредного воздействия окружающей атмосферы на весь период, например, длительного хранения, что требует дополнительных затрат труда и материальных ресурсов. Поэтому существует реальная потребность, как уже было сказано выше, в разработке перспективных способов хранения СХТ с применением универсальных и не дорогих укрытий, позволяющих обеспечить качественное хранение с наименьшими затратами.

4.4 Результаты исследования эффективности способов хранения сельскохозяйственной техники

Для подтверждения соответствующей технологии хранения СХТ с учетом последовательности выполнения определенных действий при исследовании, а также с целью получения исходных данных, вначале требовалось произвести сбор информации, о работе тех объектов СХТ за которыми собственно и было установлено наблюдение, а именно метод временного учета. Весь комплекс работ, связанный с подготовкой и содержанием СХТ в период ее хранения, техническим обслуживанием и ремонтом СХТ в процессе ее эксплуатации, систематизировался и анализировался на основе бухгалтерской отчетности и первичной документации предприятия сельского хозяйства (табл. 4.1).

С учетом различных способов хранения СХТ, в том числе предлагаемого нового способа хранения, были проведены исследования комплекса работ (межсезонное техническое обслуживание, постановка на хранение) по подготовке СХТ к хранению.

Учитывая мнения группы экспертов, которые были выработаны с учетом полученных ответов, обобщенное мнение принимается как решение

проблемы качества выполнения таких технологических операций как очистка и консервация СХТ. Также при реализации этих технологических операций регистрировалось время, за которое они были выполнены.

Таблица 4.1 – Результаты хронометража выполнения технологических операций по подготовке к хранению зерновой сеялки СЗУ-3,6.

Наименование технологической операции	Используемое оборудование и приспособления	Затраты труда и материала на подготовку объекта СХТ к хранению				
		Трудоемкость, чел.-час.	Электроэнергия, кВт·ч	Вода, м ³	Консервант, кг	ГСМ, л
Мойка высокого давления	Karcher 10/25-4s, «Грязевая фреза»	0,56	2,89	0,5	-	-
Нанесение консерванта	Кисть волосяная	0,62	-	-	2,5	-
Гидравлическое распыление консерванта	ОЗ-4899 (АКЭ-50)	0,18	0,807	-	0,58	-
Герметизация	Переносной инструмент ПИМ-582А-ГОСНИТИ	0,25	-	-	-	-
Снятие узлов и деталей	Переносной инструмент ПИМ-582А-ГОСНИТИ	0,9	-	-	-	0,86
Установка техники на подставки	Комплект оборудования КИ-28124-ГОСНИТИ	0,22	-	-	-	-
Прочие операции	Переносной инструмент ПИМ-582А-ГОСНИТИ	0,12	-	-	-	-

Для наружной очистки объектов СХТ была выбрана технология: мойка высокого давления (Karcher 10/25-4SX), позволяющая использовать специальную насадку «Грязевая фреза».

Для проведения работ по консервации узлов и деталей объектов СХТ были выбраны следующие технологии:

1. Ручное нанесение расплавленной пушечной смазки (ПВК) ГОСТ 19537-83 волосяной кистью.
2. Нанесение пушечной смазки (ПВК) ГОСТ 19537-83 путём безвоздушного распыления с применением установки ОЗ-4899.
3. Герметизация проводилась с применением переносного инструмента ПИМ-582А-ГОСНИТИ.

Прочие операции подготовки СХТ к хранению выполнялись на основании рекомендаций данных заводом изготовителем, по технологиям, приведённым в инструкции по эксплуатации. Результаты регистрации времени на выполнение работ, связанных с хранением СХТ представлены в таблице 4.2.

Результаты анализа деятельности предприятия сельского хозяйства, необходимые для подтверждения соответствующей технологии хранения зерновой сеялки СЗУ-3,6 представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты анализа деятельности предприятия сельского хозяйства, необходимые для обоснования рационального способа хранения зерновой сеялки СЗУ-3,6.

№ п/п	Наименование показателя	СЗУ-3,6
1.	Средняя часовая тарифная ставка, (руб.): а) механизатор б) слесарь 4 разряда	106-00 159-00
2.	Цена электроэнергии, руб./кВт·ч.	04-40
3.	Цена за воду, руб./м ³	21-13
4.	Среднее значение засеянной площади, га	380,8
5.	Цена за ГСМ, руб./л	38-54
6.	Стоимость хранения одной единицы СХТ, (руб.): а) открытая площадка б) под навесом в) закрытое помещение г) устройства для длительного хранения сельскохозяйственной техники	3819-48 1884-56 18522-05 3388-94

На основании проведённых исследований были получены показатели трудоемкости работ по подготовке зерновой сеялки СЗУ-3,6 к хранению и общие затраты на подготовку и хранение данного объекта СХТ при различных способах его хранения, которые представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Показатели материальных затрат и трудовых ресурсов на подготовку и содержание 1 ед. зерновой сеялки СЗУ-3,6 при различных способах его хранения

Способ хранения	Трудоемкость работ по подготовке объекта СХТ к хранению, чел.-час.	Общие затраты на подготовку и хранение объекта СХТ, руб.
Открытая площадка	2,065	2910-67
Под навесом	2,065	2863-45
Закрытое помещение	1,24	1738-74
Тепловое устройство хранения техники	1,25	1661-93

Анализ таблицы 4.3 показал, что трудоемкость работ по подготовке 1 ед. зерновой сеялки СЗУ-3,6 к хранению на открытой площадке выше, чем при способе хранения в закрытом помещении. Причина этому – дополнительные материальные затраты и трудовые ресурсы на подготовку и содержание изолируемого объекта СХТ, а именно консервация, герметизация, демонтаж и монтаж отдельных элементов данного объекта хранения, требующих складского хранения. Причем затраты на восстановление работоспособности отдельных элементов изолируемого объекта СХТ или объекта хранения в целом после снятия его с хранения также увеличиваются.

Трудоемкость работ по подготовке 1 ед. зерновой сеялки СЗУ-3,6 к хранению под навесом, практически такая же, как и при способе хранения на открытой площадке. Однако сохранность данного объекта СХТ при таком способе хранения несколько возрастает.

Общие затраты на подготовку и хранение 1 ед. зерновой сеялки СЗУ-3,6 в закрытом помещении ниже, чем при способе хранения на открытой площадке или под навесом.

Таким образом, результаты экспериментальных исследований позволяют сделать вывод о том, что применение теплового устройства для хранения техники позволяет обеспечить наиболее благоприятные условия хранения техники, которые требуются для ее реальной защиты. Так, например, такой способ хранения не требует больших вложений на оборудование отдельного участка открытой площадки под место хранения техники. Дополнительные материальные затраты и трудовые ресурсы на подготовку и содержание изолируемого объекта СХТ не требуются. При этом общие затраты на подготовку и содержание 1 ед. изолируемого объекта СХТ внутри помещения теплового устройства хранения техники сравнимы со способом хранения 1 ед. такого же типа изолируемого объекта СХТ в закрытом помещении и составляют – 1661, 93 руб.

Таким образом, тепловое устройство хранения техники может быть рекомендовано организациям, например, имеющим статус субъекта малого или среднего предпринимательства, которые не располагают в достаточной степени материально-техническими ресурсами необходимыми для выполнения строительных работ при возведении объектов капитального строительства предназначенных для длительного хранения СХТ.

4.5 Исследование и определение экономического эффекта устройства хранения техники

С учетом различных способов хранения СХТ, в том числе предлагаемого нового способа хранения, были проведены исследования, позволяющие установить наиболее эффективный способ хранения СХТ.

В рамках проведения исследования была установлена среднегодовая наработка зерновой сеялки СЗУ-3,6. Основываясь на определенных показателях, а также пояснительных материалов к ним, отражающих результаты финансово-хозяйственной деятельности предприятия сельского хозяйства были получены средние затраты на восстановление работоспособности изолируемого объекта СХТ объекта при различных

способах его хранения. Таким образом, появилась возможность установить удельные затраты на восстановление работоспособности изолируемого объекта СХТ при различных способах его хранения.

Показатели затрат на подготовку и хранение СХТ при различных способах ее хранения представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Показатели затрат на подготовку и хранение СХТ при различных способах ее хранения.

Способ хранения	Показатели затрат
Закрытая площадка и тепловое устройство хранения техники	- на мойку - консервацию - смазку и герметизацию - установку на подставки - прочие операции - стоимость места хранения
Открытая площадка и под навесом	- на мойку - консервацию - смазку и герметизацию - снятие узлов и деталей - установка на подставки - прочие операции - стоимость места хранения

В рамках проведения исследования была установлена среднегодовая наработка зерновой сеялки СЗУ-3,6. Основываясь на определенных показателях, а также пояснительных материалов к ним, отражающих результаты финансово-хозяйственной деятельности предприятия сельского хозяйства были получены средние затраты на восстановление работоспособности изолируемого объекта СХТ объекта при различных способах его хранения. Таким образом, появилась возможность установить удельные затраты на восстановление работоспособности изолируемого объекта СХТ при различных способах его хранения.

Анализируя полученные сведения, можно прийти к выводу, что при одинаковой годовой нагрузке удельные затраты на восстановление

работоспособности изолируемого объекта СХТ при различных способах его хранения, имеют разные показатели. Так, например, средние удельные затраты на восстановление зерновой сеялки СЗУ-3,6 при различных способах ее хранения представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Средние удельные затраты на восстановление зерновой сеялки СЗУ-3,6 при различных способах ее хранения

Способ хранения	Средние удельные затраты на восстановление 1 ед. объекта СХТ, руб./га
Открытая площадка	194-40
Под навесом	163-27
Закрытое помещение	84-59
Тепловое устройство хранения техники	94-56

Динамика изменения удельных затрат позволяет сделать вывод о том, что способ хранения в закрытом помещении весьма эффективно ограждает конкретный объект СХТ от окружающей среды. Вместе с тем способ хранения внутри помещения теплового устройства хранения техники по удельным затратам приближается к значениям способа хранения в закрытом помещении, что составляет 94-56 руб./га. Удельные затраты на восстановление при способе хранения на открытой обустроенной площадке и под навесом в 1,5-2 раза превышают удельные затраты при способе хранения хранения СХТ в закрытом помещении.

Стоимость восстановления изолируемого объекта СХТ при способе его хранения внутри теплового устройства хранения техники, конечно же, не является самым экономически выгодным способом хранения техники, но при этом обладает рядом преимуществ в условиях фермерских хозяйств и других субъектов малого и среднего предпринимательства. Испытание теплового устройства хранения техники показало, что стоимость материалов и оборудования для изготовления многослойной каркасно-тентовой конструкции несколько ниже стоимости материалов, которые применяются при строительстве таких видов зданий и сооружений как, например склад,

ангар и навес. В основе технологии возведения теплового устройства хранения техники лежит принцип проектирования унифицированных типоразмеров планировочных и конструктивных элементов хранилища, как то: секции-основания, секции-ограждения, секции-перекрытия, унифицированные конструкции кровли (фермы, прогоны), набор ограждающих элементов (конструкций). Эта технология позволяет сократить сроки и стоимость сборки устройства при сохранении высокого качества эксплуатационных характеристик (рисунок 4.15).

Минимальная сборочная единица, включает в себя 4 секции-ограждения, 1 секцию-перекрытия, 5 кровельных конструкций (5 ферм) и набор ограждающих элементов (металлизированная теплоизоляция «Тепофол», тент из тарпаулина). В нашем случае – это 6 секций-ограждений, 2 секции-перекрытия, 10 кровельных конструкций (10 ферм), набор ограждающих элементов (металлизированная теплоизоляция «Тепофол», тент из тарпаулина).



Рисунок 4.15 – Сборка модульного теплового устройства хранения техники

Монтаж экспериментального теплового устройства хранения техники выполняется в следующей последовательности. Для простоты сборки всех модульных конструкций применяется единая система с помощью болтов DIN 933 M6x10. Особенность монтажа модульных тепловых устройств хранения техники – это высокая степень готовности элементов конструкций, высочайшая скорость сборки. Все применяемые узлы стандартизированы и работают в единой системе. Применение такого подхода позволяет быстро проектировать индивидуальные хранилища такого типа и быть уверенным в успешной сборке по месту хранения СХТ.

Возводить модульные тепловые устройства хранения техники можно практически на любом участке. Даже слабый грунт не является препятствием в осуществлении процесса сборки. Кроме того, модульная конструкция индивидуального хранилища позволяет менять конфигурацию и размеры рассматриваемого устройства в зависимости от того какой именно объект СХТ требует хранения.

Таким образом, можно прийти к выводу, что наиболее эффективным способом является закрытое хранение, но для фермерских хозяйств и других субъектов малого и среднего предпринимательства, не имеющих возможности хранить СХТ в закрытых помещениях, рациональным способом хранения техники будет применение теплового устройства хранения техники.

Расчет годового экономического эффекта от внедрения, разработанного экспериментального теплового устройства хранения техники для хранения 1 ед. СХТ (зерновая сеялка СЗУ-3,6) был произведен по формуле [17, 94, 160]:

$$\text{ЭГЭ} = (\Sigma_1^P + E_H \cdot K_1) - (\Sigma_2^P + E_H \cdot K_2), \quad (4.3)$$

где Σ_1^P – сумма годовых расходов на хранение и восстановление работоспособности 1 ед. СХТ при базовом способе хранения, руб.;

Σ_2^P – сумма годовых расходов на хранение и восстановление работоспособности 1 ед. СХТ при новом способе хранения, руб.;

K_1 – объем капиталовложений на подготовку и хранение 1 ед. СХТ при базовом способе хранения, руб.;

K_2 – объем капиталовложений на подготовку и хранение 1 ед. СХТ при новом способе хранения, руб.;

E_H – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений.

Преобразовав формулу (4.3) получим:

$$\text{Эгэ} = (Y_1^P - Y_2^P) \cdot B_{\Gamma} + (K_1 - K_2) \cdot E_H$$

где Y_1^P – удельные эксплуатационные затраты на 1 ед. СХТ при базовом способе хранения, руб./га;

Y_2^P – удельные эксплуатационные затраты на 1 ед. СХТ при новом способе хранения, руб./га;

B_{Γ} – годовой объем выполненной работы 1 ед. СХТ, га.

Результаты расчета годового экономического эффекта от внедрения экспериментального теплового устройства хранения техники для хранения 1 ед. СХТ приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Показатели экономического эффекта экспериментального теплового устройства хранения техники.

Способ хранения	Показатели						
	Y_1^P	Y_2^P	B_{Γ}	K_1	K_2	E_H	Эгэ
Открытая площадка	188-77	188-77	399,8	1944-89	1944-89	0,15	0
Под навесом	188-77	182-05	399,8	1944-89	3856-34	0,15	2396-58
Закрытое помещение	188-77	45-18	399,8	1944-89	18745-57	0,15	54887-18
Тепловое устройство хранения техники	188-77	47-84	399,8	1944-89	6256,67	0,15	55697-05

Анализ полученных результатов показал, что объем капиталовложений на подготовку и хранение 1 ед. СХТ при хранении ее внутри экспериментального теплового устройства хранения техники выше в 2,8 раза, чем при базовом способе хранения, то есть на открытой обустроенной площадке. В то время как удельные эксплуатационные затраты на 1 ед. СХТ при хранении ее внутри экспериментального теплового устройства хранения техники ниже в 3,9 раза, чем при базовом способе хранения.

Экономический эффект от способа хранения 1 ед. СХТ (зерновая сеялка СЗУ-3,6) внутри экспериментального теплового устройства хранения техники составил 55697-05 руб. в сравнении со способом хранения на открытой обустроенной площадке.

Выводы по четвертой главе

1. Экспериментальные исследования показали, что многослойная ограждающая конструкция устройства хранения техники, выполненная из двух слоев укрывного материала, внутреннего теплоизоляционного слоя «Тепофол», который состоит из несшитого вспененного полиэтилена толщиной 8 мм с теплоотражающим слоем с обеих сторон, выполненным из металлизированной пленки (коэффициент отражения 0,75) и наружного слоя из серебристо-серого светоотражающего тентового полотна из тарпаулина плотностью 120 г/м² (коэффициент отражения 0,6), разделенных воздушным пространством толщиной 50 мм, выполняющим функцию дополнительной теплоизоляции, снижает теплообмен между изолируемым объектом хранения и окружающей средой.

2. Анализ условий погоды показывает, что такие метеорологические элементы как: температура и влажность воздуха, направление и скорость ветра, а также осадки чаще всего меняются в весенне-летние месяцы. Резкие колебания температуры при высоком уровне влажности воздуха формируют определенные условия, при которых содержащийся в воздухе пар при достижении состояния насыщения начинает конденсироваться в росу.

3. Потери металла за весь период хранения 1 ед. СХТ (зерновая сеялка СЗУ-3,6) в закрытом помещении выявляются в меньшей степени и составляют примерно 22 г/м^2 , чем при хранении 1 ед. такого же типа СХТ на открытой площадке или под навесом, которые составляют примерно 148 г/м^2 и 129 г/м^2 соответственно. Потери металла при хранении 1 ед. СХТ внутри теплового устройства хранения техники составили примерно 27 г/м^2 .

4. Степень меления лакокрасочного покрытия за весь период хранения 1 ед. СХТ в закрытом помещении составила примерно 9 % по отношению к степени меления лакокрасочного покрытия 1 ед. такого же типа СХТ при хранении его на открытой площадке, а концентрация микротрещин равна $0,38 \text{ шт/см}^2$. Степень меления лакокрасочного покрытия 1 ед. СХТ при хранении ее внутри теплового устройства хранения техники составила 18 % по отношению к степени меления лакокрасочного покрытия 1 ед. такого же типа СХТ при хранении его на открытой площадке, концентрация микротрещин при этом не превышала $0,47 \text{ шт/см}^2$.

5. Оценка материальных затрат и трудовых ресурсов на подготовку и содержание 1 ед. СХТ показывает, что трудоемкость работ по подготовке такой техники под навесом выше в 1,66 раза, чем при способе хранения 1 ед. такого же типа СХТ в закрытом помещении. Причина этому – дополнительные материальные затраты и трудовые ресурсы на подготовку и содержание 1 ед. СХТ, а именно консервация, герметизация, демонтаж и монтаж отдельных элементов данной техники, требующих складского хранения, причем затраты на восстановление работоспособности отдельных элементов 1 ед. СХТ или 1 ед. СХТ в целом после снятия ее с хранения также увеличиваются. Трудоемкость и объем работ по подготовке 1 ед. СХТ при хранении ее в закрытом помещении, практически такие же, как и при способе хранения 1 ед. такого же типа СХТ внутри теплового устройства хранения техники. Однако, как показывают экспериментальные исследования, сохранность изолируемого объекта СХТ во втором случае возрастает. Вместе с тем материальные затраты на подготовку и содержание 1 ед. СХТ внутри

теплового устройства хранения техники ниже, чем при других способах хранения 1 ед. такого же типа СХТ.

6. Установленная мощность электронагревательных элементов составляет 700 Вт. Среднемесячный расход электроэнергии в межсезонный период с октября составил 69,25 кВт·ч при объеме хранилища 21 м³. При отрицательных температурах вероятность выпадения росы крайне мала, поэтому работа электронагревательных элементов не требуется, что также снижает расходы на электроэнергию.

7. Экономический эффект от способа хранения 1 ед. СХТ (зерновая сеялка СЗУ-3,6) внутри экспериментального теплового устройства хранения техники составил 55697-05 руб. в сравнении со способом хранения на открытой обустроенной площадке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате анализа устройств хранения СХТ было установлено, что перспективным является многослойное ограждение, которое имеет низкую теплопроводность, препятствует проникновению влаги, солнечной радиации и прохождению теплового излучения.

2. Теоретически получена зависимость теплопередачи многослойного ограждения устройства хранения техники.

3. Экспериментальными исследованиями уточнены параметры многослойного ограждающего устройства хранения техники, внутренний теплоизоляционный слой который выполнен из «Тепофола» толщиной 8 мм с теплоотражающим слоем с обеих сторон, изготовленным из металлизированной пленки (коэффициент отражения 0,75) и наружного слоя из светоотражающего полотна из тарпаулина (коэффициент отражения 0,6). Расстояние между внешним и внутренним слоями составляет 0,05 м.

4. Потери металла при хранении 1 единицы СХТ (зерновая сеялка СЗУ-3,6) на открытой площадке с применением многослойного ограждающего устройства хранения техники составили 27 г/м².

5. Годовой экономический эффект от хранения 1 единицы СХТ (зерновая сеялка СЗУ-3,6) внутри экспериментального устройства составил 55697,05 руб. в сравнении с хранением на открытой площадке.

Рекомендации производству

Для повышения сохранности СХТ в нерабочий период, а также снижения материальных затрат и трудовых ресурсов на подготовку техники к хранению необходимо использовать модульные конструкции возведения многослойного ограждения устройства хранения техники.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Продолжить научные исследования в направлении совершенствования устройства хранения техники в агропромышленном комплексе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверкиев, М. С. Метеорология [Текст] / М. С. Аверкиев. – Дубна, 2007. – 166 с.
2. Авиационная метеорология. Яковлев А.М. Издательство «Транспорт», 1971 г., стр. 1 – 248
3. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю.П. Адлер, Е.В. Макарова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 279с.
4. Аналитический обзор средств и способов консервации вооружения, военной и специальной техники / Н. В. Данякин, И. Н. Кравченко, А. А. Баранов, А. Ю. Фомин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2025. – № 4. – С. 32-40.
5. Артемов, М.Е. Курсовое и дипломное проектирование по эксплуатации машинно-тракторного парка: учеб. Пособие / М.Е. Артемов. – Краснояр. гос. аграр. ун-т, 2008. – 326с.
6. Астапенко П.Д. Вопросы о погоде. – 2-е изд., испр. и доп. – Л., Гидрометео-издат, 1986, – 392с., с ил.
7. Барамбойм Н.К. – Механохимия полимеров. – М. – Л.: Химия, 1978.
8. Белоусов Ю.И., Постников Е.С. Инфракрасная фотоника. Часть I. Особенности формирования и распространения ИК излучения. Учеб. пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2019. – 82 с.
9. Березина Р.М., Волкова Г.И., Манжай В.Н., Кучевская А.С. Химические реакции полимеров: Учебно-методическое пособие. – Томск: Томский государственный университет, 2010. – 160с.
10. Болгарский А.В., Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача. Учебн. для вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Высш. школа», 1975. – 495с., с ил.

11. Брацыхин Е.А., Шульгина Э.С. Технология пластичных масс: Учебное пособие для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1982. – 328с., ил.
12. Бугаков Ю.С. Хранение сельскохозяйственной техники [Текст] / Ю.С. Бугаков. – Алма-Ата: Кайнар, 1973. – 176с., ил.
13. Бунин С.М. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства [Текст] / С.М. Бунин. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 368 с.
14. Бухмиров В.В. Тепломассообмен: Учеб. пособие / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2014. – 360с.
15. Варнаков, В.В. Технический сервис машин сельскохозяйственного назначения [Текст] / Варнаков, В.В. [и др.]. – М.: Колос С, 2004. – 253 с.
16. Василевский С.А. Молекулярная физика и термодинамика: курс лекций / С.А. Василевский, В.Н. Котло, И.А. Вабищевич. – Минск: БГПУ, 2008. – 192с.
17. Власов, Н.С. Методика экономической оценки сельскохозяйственной техники. [Текст] / Н.С. Власов [и др.]. – М.: АНО «ИПЭВ», 2006. – 399 с.
18. Влияние управляющих параметров на основные показатели надежности деталей машин / Ю. В. Катаев, А. А. Соломашкин, В. С. Герасимов, Е. Ф. Малыха // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 7. – С. 560-565.
19. Герасименко А.А. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: справ. [Текст] / А.А. Герасименко. – М.: Машиностроение, 1987.– Т. 1. – 688 с.
20. Герасимов В.В. Прогнозирование коррозии металлов. М., Металлургия, 1989, 278с.

21. Глушков А.М. Светотехника и электротехнология. Часть II. «Электротехнология»: Электротермия: Курс лекций / А.М. Глушков, И.В. Юдаев. – Волгоград: Волгогр. гос. с.-х. академия, 2008. – 178с.
22. ГОСТ 3284-74. Проволока стальная низкоуглеродистая общего назначения.
23. ГОСТ 7751-2009. Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения [Текст]. Введ. 2011-05-01. – М.: Стандартиформ, 2011. – 25 с.
24. ГОСТ 9.014-78. Единая система защиты от коррозии и старения. Временная противокоррозионная защита изделий [Текст]. Введ. 01.01.80. – М.: Стандартиформ, 2005. – 44 с.
25. ГОСТ 9.401-91 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные [Текст]. Введ. 01.07.92. – М.: Стандартиформ, 2007. – 44 с.
26. ГОСТ 19537-83 Смазка пушечная. Технические условия. [Текст]. Введ. 01.01.1985. – М.: Госстандарт, 1990. – 5с.
27. ГОСТ 19783-74 Паста кремнийорганическая теплопроводная. Технические условия [Текст]. Введ. 01.01.1975. – М.: Госстандарт, 1996. – 16с.
28. ГОСТ Р 56734-2015 Здания и сооружения. Расчет показателя теплозащиты ограждающих конструкций с отражательной теплоизоляцией [Текст]. Введ. 01.06.2016. – М.: Стандартиформ, 2019. – 15с.
29. Гофман В.Р. Консервация техники в сельском хозяйстве с использованием ингибиторов коррозии: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.03. – Челябинск, 1977. – 274с.
30. Дашко, Н.А. Курс лекций по синоптической метеорологии, Владивосток: ДВГУ, 2005. – 523с.
31. Денисов, В. А. Теоретические предпосылки интенсификации гидродинамической очистки наружных поверхностей машин / В. А. Денисов,

Ю. В. Катаев, А. В. Корнеев // Технический сервис машин. – 2024. – Т. 62, № 4. – С. 64-69.

32. Добрин, В.И. Справочник заведующего машинным двором / [Добрин В.И. и др.]. – Москва: Росагропромиздат, 1988. – 254с., ил.

33. Добровольский, В.В. Геология: минералогия, динамическая геология, петрография: учебник для студентов высших учебных заведений / В. В. Добровольский. – Москва: ВЛАДОС, 2008. – 319 с.: ил., табл.: 21 см – (Учебник для вузов).; ISBN 978-5-691-00782-8 (В пер.).

34. Дорохов, А.В. К оценке ингибиторной защиты сельскохозяйственной техники и оборудования / Л.Г. Князев, А.В. Дорохов, Н.А. Курьято // Наука в центральной России. – 2023. – №1 (61). – С. 133-146.

35. Дорохов, А.В. Лакокрасочные покрытия для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии / Л.Г. Князев, А.И. Петрашев, А.В. Дорохов, Н.А. Курьято, В.В. Клепиков // Наука в центральной России. – 2022. – №1 (55). – С. 118-134.

36. Дорохов, А.В. О коррозионных проблемах в сельскохозяйственном производстве / Л.Г. Князев, А.В. Дорохов, Н.А. Курьято // Наука в центральной России. – 2021. – № 5 (53). – С. 79-90.

37. Дорохов, А.В. О проблемах защиты от атмосферной коррозии техники и оборудования в АПК / Л.Г. Князев, А.В. Дорохов, Н.А. Курьято, В.В. Сафонов // Научная жизнь. – 2021. – Т. 16. – №8 (120). – С. 1106-1117.

38. Егоров, В.Н. Защита от тепловых излучений: методические указания / В.Н. Егоров, Д.А. Хабаров. – М.: МИИГАиК, 2017. – 16 с.

39. Ерофеев, М.Н. Информационное обеспечение, моделирование и управление жизненным циклом изделий / М.Н. Ерофеев, И.Н. Кравченко, М.В. Крюков // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2025. – № 2. – С. 100-106.

40. Ефграфова Н.Н., Каган В.Л. Курс физики для подготовки отделений вузов: Учеб. пособие. – 3-е изд., испр. и перераб. – М.: Высш. шк., 1984 – 487 с., ил.

41. Забара, К.А. Виды коррозионного разрушения сельскохозяйственных машин: обзор / К.А. Забара, А.А. Шпак, А.В. Шемякин // Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения: Материалы 71-й Международной научно-практической конференции 15 апреля 2020 г. – Рязань: Издательство Рязанского государственного агротехнологического университета, 2020. – Часть II. – С. 118-124.

42. Забара, К.А. Основные механизмы разрушения высокомолекулярных химических соединений сельскохозяйственной техники при хранении / К.А. Забара, А.В. Шемякин // Инновационные научно-технологические решения для АПК, Рязань, 20 апреля 2023 года. Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 74-79. – EDN PTSCUY.

43. Забара, К.А. Перспективы длительного хранения сельскохозяйственной техники / К.А. Забара, А.В. Шемякин // Инновационные научно-технологические решения для АПК, Рязань, 20 апреля 2023 года. Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 79-83. – EDN OWYDRS.

44. Забара, К.А. Причины коррозионного разрушения сельскохозяйственной техники в период её длительного хранения / К.А. Забара, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев // Научно-инновационные аспекты аграрного производства: перспективы развития: Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 100-105. – EDN KNPBBH.

45. Забара, К.А. Причины старения полимеров сельскохозяйственных машин в период их длительного хранения / К.А. Забара, А.В. Шемякин, К.П. Андреев // Научно-инновационные аспекты аграрного производства:

перспективы развития: Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 94-99. – EDN NSMXOK.

46. Забара, К.А. Совершенствование технологического процесса подготовки техники к хранению / К.А. Забара, В.В. Терентьев, В.А. Киселев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2024. – Т. 16, № 1. – С. 101-113. – DOI 10.36508/RSATU.2024.62.60.014. – EDN JENAMK.

47. Защита стали супергидрофобным покрытием в атмосфере с повышенным содержанием агрессивных компонентов / Л. Е. Цыганкова, А. А. Урядников, А. В. Дорохов [и др.] // Коррозия: материалы, защита. – 2021. – № 9. – С. 33-38.

48. Защита углеродистой стали консервационным составом с добавкой парафина / Н. А. Курьято, Л. Г. Князева, В. А. Курьято, А. В. Дорохов // Наука в центральной России. – 2025. – № 1(73). – С. 98-105.

49. Заяц А.Е., Корко В.С., Кустова Р.И. Электрические элементные нагреватели: пособие / А.Е. Заяц [и др.]; под ред. Проф. Е.М. Зайца. – Минск: БГАТУ, 2011. – 180с.

50. Зверев, А.С. Туманы и их предсказание [Текст] / А.С. Зверев. – Л.: Гидрометеиздат, 1954.

51. Злобин В.Г., Горбай С.В., Короткова Т.Ю. Техническая термодинамика. Часть 2. Водяной пар. Циклы теплосиловых установок: учебное пособие. – 2-е изд., испр. и перераб. / ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2016. – 90с.: ил. 66, табл. 3.

52. Иванов, Ю.А. Инфракрасная техника в военном деле / Ю.А. Иванов, Б.В. Тяпкин. – М.: Сов. Радио, 1963. – 359с., ил.

53. Игамбердиев А.А. Хранение сельскохозяйственных машин и зерноуборочных комбайнов как фактор успешной эксплуатации // *Universum: технические науки*. 2019. №6 (63). – С. 47-49.

54. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка /С.А. Иофинов, Г.П. Лышко – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. – 351 с., ил.

55. Каденская, М.И. Руководство к практическим занятиям по минералогии и петрографии Для студентов-заоч. геогр. фак. пед. ин-тов / Гл. упр. высш. и средн. пед. учеб. заведений М-ва прос. РСФСР. Моск. гос. заоч. пед. ин-т. – Москва: Просвещение, 1976. – 239 с. ил.; 23.

56. Калпина Н.Ю. Защита от теплового излучения: методические указания. – М.: МГТУ «МАМИ», 2009. – 16 с.

57. Касандрова, О.Н. Обработка результатов наблюдений [Текст]: [Учеб. пособие для вузов] / О.Н. Касандрова, В.В. Лебедев. – Москва: Наука, 1970. – 104с.

58. Катаев, Ю. В. Актуальные вопросы системы технического сопровождения сложной сельскохозяйственной техники в АПК / Ю. В. Катаев, В. С. Герасимов, И. А. Тишанинов // *Техника и оборудование для села*. – 2024. – № 2(320). – С. 2-7.

59. Катаев, Ю. В. Вопросы модернизации ремонтно-обслуживающей базы в АПК / Ю. В. Катаев, В. С. Герасимов, И. А. Тишанинов // *Ремонт. Восстановление. Модернизация*. – 2024. – № 10. – С. 14-20.

60. Катаев, Ю. В. Ресурсосберегающая система технического обслуживания и ремонта машин / Ю. В. Катаев, Е. Ф. Малыха // *Технический сервис машин*. – 2022. – № 3(148). – С. 83-90.

61. Катаев, Ю. В. Способ организации технического обслуживания и ремонта деталей сельскохозяйственной техники / Ю. В. Катаев, А. А. Соломашкин, В. С. Герасимов // *Агроинженерия*. – 2022. – Т. 24, № 5. – С. 67-72.

62. Кильдишев, А.А. Предупреждение коррозионного разрушения сельскохозяйственной техники при хранении / А.А. Кильдишев, К.А. Забара, А.В. Шемякин // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции РАСХН и НАНКС академиков МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. – Часть II. – Рязань: РГАТУ, 2020 – С. 243-245.

63. Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения: Учеб. для вузов по спец. «Хим. технол. высокомолекуляр. соединений». – М.: Высш. шк., 1992. – 512с.

64. Кирилин, В.А. Техническая термодинамика [Текст] / В.А. Кирилин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. – 3-е изд. – Москва: Наука, 1979. – 512с., ил.

65. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1980. – 671с., ил. – (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб.заведений).

66. Князева, Л. Г. Защитные свойства модифицированных битумных праймеров для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники и оборудования / Л. Г. Князева, А. В. Дорохов, Н. А. Курьято // Наука в центральной России. – 2024. – № 4(70). – С. 148-157.

67. Князева, Л. Г. Физико-химические свойства модифицированных битумных праймеров для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники и оборудования / Л. Г. Князева, Н. А. Курьято, А. В. Дорохов // Наука в центральной России. – 2024. – № 4(70). – С. 136-147.

68. Князева, Л. Г. Цинкнаполненные покрытия для защиты сельскохозяйственной техники от атмосферной коррозии / Л. Г. Князева, А. В. Дорохов, Н. А. Курьято // Наука в центральной России. – 2024. – № 5(71). – С. 139-148.

69. Козлов Н.А., Митрофанов А.Д. Физика полимеров: Учеб. пособие / Владим. гос. ун-т; Владимир, 2001. – 345с.
70. Колегаев, Р.Н. Экономическая оценка качества и оптимизация системы ремонта комбайнов [Текст] / Р.Н. Колегаев. – М.: Машиностроение, 1980. – 239с.
71. Кондратьев, К.Я. Лучистая энергия Солнца [Текст] / Под ред. проф. П.Н. Тверского. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1954. – 600с.: ил.
72. Конкин, Ю.А. Экономика ремонта сельскохозяйственной техники [Текст] / Ю.А. Конкин. – М.: АНО «ИПЭВ», 2008. – 366 с.
73. Консервационный состав на основе битумного праймера для защиты углеродистой стали от атмосферной коррозии / Л. Г. Князева, Н. А. Курьято, А. В. Дорохов, В. А. Курьято // Наука в центральной России. – 2025. – № 1(73). – С. 90-97.
74. Корнеев, А. В. Интенсификация процесса наружной очистки машин на основе гидродинамической кавитации / А. В. Корнеев, И. Н. Кравченко, В. М. Корнеев // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2025. – № 2. – С. 19-25.
75. Корнеев, В. М. Интенсификация погружной очистки деталей машин гидродинамической кавитацией / В. М. Корнеев, Ю. В. Катаев, Н. В. Корнеев // Технический сервис машин. – 2025. – Т. 63, № 2. – С. 16-21.
76. Корнеев, В. М. Процесс погружной очистки металлических поверхностей деталей машин / В. М. Корнеев, Ю. В. Катаев, Н. В. Корнеев // Технический сервис машин. – 2024. – Т. 62, № 3. – С. 25-32.
77. Корнеев, Н.В. Способы интенсификации процесса очистки деталей в погружных моечных машинах / Н.В. Корнеев, И.Н. Кравченко, В.М. Корнеев // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2024. – № 9. – С. 26-32.
78. Коррозионное разрушение техники: обзор / К.А. Забара, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, К.П. Андреев // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Минск, 24–25 ноября

2022 года / Белорусский государственный аграрный технический университет. – Минск: Белорусский государственный аграрный технический университет, 2022. – С. 464-466. – EDN UQHBLE.

79. Коррозия и защита металлов: Учебно-методическое пособие (для студентов IV курса химического факультета) / Сост. доц. В.А. Мухин. – Омск: Омск. гос. унт., 2004. – 112 с.

80. Котовский В.Н. Теплопередача: конспект лекций. – М.: МГТУГА, 2015. – 76с.

81. Криксунов Л.З. Справочник по основам инфракрасной техники. – М.: Сов. Радио, 1978. – 400с., ил.

82. Кудрявцев И.Ф. Полупроводниковые пленочные электронагреватели в сельском хозяйстве [Текст] / И.Ф. Кудрявцев, Л.С. Герасимович. – Минск: Ураджай, 1973. – 112с., ил.

83. Кузнецов, Ю.А. Оценка коррозионной стойкости наноструктурированных оксидно-керамических покрытий, полученных микродуговым оксидированием / Ю.А. Кузнецов, И.Н. Кравченко // Коррозия: защита, материалы. Приложение к журналу "Технология металлов". – 2023. – № 13. – С. 13-19.

84. Кузьмин, Ю. А. Конструкционные и защитно-отделочные материалы в автомобилестроении: учебное пособие/ Ю. А. Кузьмин. – Ульяновск: УлГТУ, 2009. – 186 с.

85. Курочкин, В.Н. Хранение техники на машинных дворах [Текст] / В. Н. Курочкин. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 157 с.

86. Латышенко, М.Б. Тепловые режимы хранения сельскохозяйственной техники (на примере хранения картофелеуборочных комбайнов) [Текст]: дис. ...канд. тех наук: / М. Б. Латышенко. – Рязань. 1998. – с.

87. Лучкин, Р.С. Коррозия и защита металлических материалов (структурные и химические факторы): электронное учебное пособие / Р.С. Лучкин. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2017. – 1 оптический диск.

88. Мадорский С.Д. Термическое разложение органических полимеров. – М.: Мир, 1967.
89. Манин, В.Н. Физико-химическая стойкость полимерных материалов в условиях эксплуатации [Текст] / В. Н. Манин, А.Н. Громов. - М.: Химия, 1980. – 248 с.
90. Маслов Г.Г. Техническая эксплуатация МТП. (Учебное пособие) / Маслов Г.Г., Карабаницкий А.П., Кочкин Е.А. / Кубанский государственный аграрный университет, 2008. – 142с.
91. Меламед М.Н. Хранение машин в колхозах и совхозах / М. Н. Меламед, В. Е. Рязанов, В. М. Никишев. – Чебоксары: Чуваш. кн. изд-во, 1975. – 72с.
92. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов [Текст] / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин.– Л.: Колос, 1980. – 168с.
93. Методические указания по определению потерь от простоев комбайнов по технологическим причинам [Текст]. – М.: ГОСНИТИ, 1978.
94. Методическое пособие для расчета экономической эффективности от использования изобретений и рационализаторских предложений [Текст] / Всесоюзный научно-исследовательский институт патентной информации. – М., 1985. – 104 с.
95. Моисеев Ю.В., Заиков Г.Е. Химическая стойкость полимеров в агрессивных средах. – М. – Л.: Химия, 1979.
96. Моисеев Ю.В. и др. – Усп. хим., 1976, 45, вып. 3, 510.
97. Морозова, Н.М. Обоснование организации и технологии подготовки и хранения зерноуборочных комбайнов: дис. ... канд. экон. наук [Текст] / Н.М. Морозова. – Рязань, 2012. – 178 с.
98. Мочалов, И.И. Ремонт и техническое обслуживание машин для внесения удобрений и защиты растений [Текст] / И.И. Мочалов, А.Э. Северный и др. – М.: Колос, 1974. – 171с.

99. Нечаев, А. В. Химия: учебное пособие / А.В. Нечаев. – Екатеринбург: УрФУ, 2016. Ч.II. 112 с. ISBN 978-5-321-02468-3 (ч. 2).

100. Никонов Н.В. Нагреватели. Методика и примеры расчета. Москва: Мототехника, 2012. – 15с.

101. Нормативы затрат труда, материалов, капитальных вложений на хранение сельскохозяйственной техники [Текст] / В.И. Яловнаров и др. – М.: ГОСНИТИ, 1982. – 116 с.

102. Опыт развития инженерно-технической системы по поддержанию надежности сельскохозяйственной техники / Ю. В. Катаев, В. С. Герасимов, И. А. Тишанинов, Е. А. Градов // Техника и оборудование для села. – 2025. – № 3(333). – С. 37-39.

103. Основы материаловедения (металлообработка): учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / [В.Н. Заплатин, Ю.И. Сапожников, А.В. Дубов и др.]; под ред. В. Н. Заплатина. – 8-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2017. – 272 с.

104. Основы электрохимической коррозии металлов и сплавов: учеб. пособие/Л.Г. Петрова, Г.Ю. Тимофеева, П.Е. Демин, А.В. Косачев; под общ. ред. Г.Ю. Тимофеевой. – М.: МАДИ, 2016. – 148с.

105. ОСТ 23.1.47-80. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Определение затрат на устранение последствий отказов [Текст]. – М.: Отраслевой стандарт, 1981. – 14 с.

106. Панин Б.Д., Репинская Р.П. Прогноз влажности, облачности и осадков. Конспект лекций. – Ленинград: ЛГМИ, Изд-во ЛПИ, 1982. – 48с.

107. Патент на полезную модель № 215922 U1 Российская Федерация, МПК E04H 6/08. устройство для длительного хранения сельскохозяйственной техники: № 2022112199: заявл. 04.05.2022: опубл. 10.01.2023 / А.В. Шемякин, К.А. Забара, В.В. Терентьев [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN TMCCLF.

108. Перспективное решение для повышения сохранности сельскохозяйственной техники при хранении / К.А. Забара, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, К.П. Андреев // Вестник РГАТУ. – 2021. – №1. – С. 120-128.

109. Повышение сохранности сельскохозяйственной техники при хранении / К.А. Забара, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, В.А. Киселев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2022. – Т. 14, № 4. – С. 133-144. – DOI 10.36508/RSATU.2022.31.47.018. – EDN AVPVCW.

110. Повышение уровня технического обслуживания энергонасыщенной техники / Ю. В. Катаев, М. Н. Костомахин, Н. А. Петрищев [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 4(298). – С. 27-31.

111. Полимерные материалы в сельскохозяйственном машиностроении / [С. К. Абрамов, Г. И. Рассохин, Ю. Ф. Климчук и др.]; Под ред. С. К. Абрамова. - Москва: Агропромиздат, 1986. - 253 с.: ил.

112. Попова Т.Н., Уколов А.И. Физические основы теплотехники. Конспект лекций. – Керчь: Керченский государственный морской технологический университет, 2016. – 179с.

113. Поцкалев, А.Ф. Организация хранения сельскохозяйственной техники [Текст] / А. Ф. Поцкалёв. – М.: Колос, 1981. – 223 с.

114. Предупреждение разрушения сельскохозяйственной техники при хранении / В. В. Терентьев, К. П. Андреев, Н. В. Аникин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 168. – С. 1-15.

115. Прикладное материаловедение: Металлы и сплавы: учебное пособие / Э.И. Денисова, В.В. Карташов, В.Н. Рычков. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 216с.

116. Применение полимерных материалов в сельскохозяйственном машиностроении / С.С. Захаров, К.А. Забара, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных

процессов в АПК: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина, Рязань, 24 мая 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 152-157. – EDN WZPHRJ.

117. Программа для ЭВМ – STATISTICA v 10.0. StatSoft. – 2010.

118. Противокоррозионная защита стали составами на основе битумного праймера / Н. А. Курьято, Л. Г. Князева, А. В. Дорохов, В. А. Брыксина // Наука в центральной России. – 2023. – № 5(65). – С. 112-118.

119. Пудов В.С., Бучаенко А.Л. – Усп. хим., 1970, 39, вып. 1, 130.

120. Развитие системы межсезонного хранения сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.Д. Кокорев и др. – Рязань, 2016. – 112 с.

121. РД 50-690-89 Надежность в технике. Методы оценки показателей надёжности по экспериментальным данным [Текст]. Введ. 01.01.91. – М.: Госстандарт, 1990. – 132с.

122. Розенфельд И.Л. Атмосферная коррозия металлов [Текст] / Акад. наук СССР. Ин-т физ. химии. – Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1960. – 372 с.: ил.; 28 см.

123. Романченко, Н.М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии: учеб. пособие / Н.М. Романченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2016. – 188с.

124. Руководство по хранению техники в объединениях «Сельхозхимия» [Текст] /В.М. Янкин и др. – Рязань: ВНИПИагрохим, 1984.

125. Рэнби Б., Рабек Я. Фотодеструкция, фотоокисление и фотосенсибилизация полимеров. – М.: Мир, 1978.

126. Сафонова Т.В. Авиационная метеорология: учеб. пособие / Т.В. Сафонова. – Ульяновск: УВАУГА, 2005. – 215с.

127. Северный, А.Э. Справочник по хранению сельскохозяйственной техники [Текст] / А.Э. Северный, А.Ф. Поцкалев, А.Д. Новиков. – М.: Колос, 1984. – 318с.

128. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения: Учеб. для вузов / Юрий Денисович Семчиков. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 368с.

129. Серякова Л.П. Метеорологические условия и растения. Учеб. пособие по агрометеорологии. – Л.: ЛГМИ, ЛПИ, 1971. – 77с.

130. Сидорова Л.П. Метеорология и климатология. Часть 1. Метеорология: учеб. пособие / Л.П. Сидорова. – Екатеринбург: УрФУ, 2015. – 198с.

131. Синоптическая метеорология. Зверев А.С. Гидрометеиздат. Ленинград, 2-е изд., перераб. и доп., 1977 г.

132. Светотехника и электротехнология: краткий курс лекций для студентов 4 курса направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия»/ А.В.Волгин //ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2015. – 137с.

133. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022682814 Российская Федерация. Программа для расчета и контроля условий хранения и обслуживания сельскохозяйственной техники: №2022682019: заявл. 17.11.2022: опубл. 28.11.2022 / А.А. Шпак, А.В. Шемякин, С.Н. Борычев [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». – EDN UPLTMC.

134. Сковородин, В.Я. Справочная книга по надежности сельскохозяйственной техники [Текст] / В.Я. Сковородин, Л. В. Тишкин. – Л.: Лениздат, 1985. – 204 с.

135. Совершенствование методов контроля и диагностики свойств металлоконструкций в условиях коррозионного воздействия / М.Н. Ерофеев,

А.И. Чмыхало, В.В. Спирягин [и др.] // Технология металлов. – 2022. – № 7. – С. 40-53.

136. Совершенствование технологии хранения сельскохозяйственной техники / К.П. Андреев, К.А. Забара, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2020. – № 7. – С. 32-38. – DOI 10.31044/1684-2561-2020-0-7-32-38. – EDN HGMAУC.

137. Соловьева, С.П. Повышение эффективности хранения сельскохозяйственной техники путем обоснования параметров защитного теплового экрана: дис. ... канд. техн. наук / С.П. Соловьева – Мичуринск, 2014. – 169 с.

138. Справочник проектировщика. Архитектура промышленных предприятий, зданий и сооружений. Под общ. ред. К.Н. Карташова. М., Стройиздат, 1975. 527 с. Н.М. Гусев, Н.Н. Ким, В.Н. Златолинский и др.

139. Старение и стабилизация полимеров под ред. д-ра хим. наук А.С. Кузьминского, Издательство «Химия» М.: – 1966г. – 212с.

140. Старение и стабилизация полимеров под ред. д-ра хим. наук М.Б. Неймана, Издательство «Наука» М.: – 1964г. – 332с.

141. Суслов В.А. Тепломассообмен при фазовых превращениях: учеб. пособие / ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2019. – 114с.: ил. 86.

142. Тельнов, Н.Ф. Технология очистки сельскохозяйственной техники [Текст] / Н.Ф. Тельнов.. – М.: Колос, 1983. – 250 с.

143. Терентьев, В.В. Проблемы подготовки сельскохозяйственных машин к длительному хранению в условиях малых и фермерских хозяйств [Текст] / В.В. Терентьев, Н.М. Морозова, А.В. Кирилин // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-ой межд. науч.-практ. конф. – Рязань, 2017. – С. 325-328.

144. Терентьев, В.В. Справочные и нормативные материалы для обучающихся по направлению подготовки 35.04.06 «Агроинженерия» (магистратура), Иваново, 2018. – 122с.

145. Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. пособие для вузов. 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 560с.

146. Управление техническим состоянием сельскохозяйственной техники с применением цифровых технологий / А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев, М. Н. Костомахин [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2024. – № 5. – С. 51-56.

147. Филимошкин А.Г., Воронин Н.И. Химическая модификация полипропилена и его производных. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1988. – 180с.

148. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / Под ред. Ю.А.Табунщикова, В.Г. Гагарина. – 5-е изд., пересмотр. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.

149. Хабутдинов, Ю.Г. Учение об атмосфере [Текст]: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Экология" / Ю.Г. Хабутдинов, К.М. Шанталинский, А.А. Николаев. – Казань: Казанский гос. ун-т, 2010. – 244с.: ил.

150. Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины / В.М.Халанский. – М.: «Колос», 2004. – 624 с.

151. Хаметов Т.И. Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений: учеб. пособие / Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 286 с.

152. Хранение бронетанкового вооружения и техники: учебное пособие / Ю.Н. Зайчиков, В.А. Сидоров, А.В. Келлер и др. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. – 182 с.

153. Шемякин, А.В. Детерминальная модель хранения сельскохозяйственной техники / А.В. Шемякин // Сб. науч. тр. молодых ученых Рязанской ГСХА: материалы Всероссийской научно-практической конф. – Рязань, 2005. – С. 137-139.

154. Шемякин, А.В. Совершенствование организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств / Шемякин А.В. // Диссертация на соискание учёной степени

доктора технических наук / Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. Мичуринск, 2014 – 374 с.

155. Шляпинтох В.Я. Фотохимические превращения и стабилизация полимеров. М. – Л.: Химия, 1979.

156. Шпайдель К. Диффузия и конденсация водяного пара в ограждающих конструкциях (Пер. с нем. В. Г. Бердичевского; Под ред. А. Н. Мазалова. – М.: Стройиздат, 1985. – 48с., ил.

157. Шур, А.М. Высокомолекулярные соединения, Учебник для ун-тов. – 3-е изд. перераб. и доп. – Высш. школа, 1981, – 656с., ил.

158. Эволюция технического сервиса в агропромышленном комплексе / Ю. В. Катаев, В. С. Герасимов, И. А. Тишанинов, В. А. Казакова // Технический сервис машин. – 2024. – Т. 62, № 3. – С. 47-52.

159. Экологически безопасные продукты для защиты от коррозии / Л. Г. Князева, Н. А. Курьято, А. В. Дорохов, В. А. Брыксина // Наука в центральной России. – 2023. – № 3(63). – С. 131-142.

160. Экономика сельского хозяйства: учебник / Г.А. Петранёва, Н.Я. Коваленко, А.Н. Романов, О.А. Моисеева; под ред. проф. Г.А. Петранёвой. — М.: Альфа-М : ИНФРА-М, 2012. – 288 с. – (ПРОФИЛЬ).

161. GISMETEO.RU: Погода в России [Электронный ресурс]. – <http://www.gismeteo.ru/diary/11521>

162. Dorokhov A.V., Knyazeva L.G., Tsygankova L.E., Kur'yato N.A. Protective efficiency of oil compositions with cortec VPCI-368D // International Journal of Corrosion and Scale Inhibition, 2021, T. 10, №2, P. 551-561.

163. Dorokhov A.V., Tsygankova L.E., Uryadnikov A.A., Knyazeva L.G., Shel N.V., Rodionova L.D. Protection of steel with a superhydrophobic coating against atmospheric corrosion in conditions of livestock buildings //International Journal of Corrosion and Scale Inhibition, 2021, T. 10, №4, P. 1638-1645.

164. Zabara K., Shpak A., Shemyakin A., Morozova N., Melkumova T. Podyablonskiy A. (2020) Prevention of corrosion fracture of agricultural

equipment during storage. E3S Web of Conferences, 164: 06002. DOI: 10.1051/e3sconf /202016406002

165. Terentyev, V., Zabara, K., Shemyakin, A., Andreev, K. (2022). Advanced Solution for Improving Safety of Agricultural Machinery During Storage. In: Shamtsyan, M., Pasetti, M., Beskopylny, A. (eds) Robotics, Machinery and Engineering Technology for Precision Agriculture. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 247. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-3844-2_37

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU (11)

215 922⁽¹³⁾ U1(51) МПК
E04H 6/08 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
E04H 6/08 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022112199, 04.05.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.05.2022Дата регистрации:
10.01.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 04.05.2022

(45) Опубликовано: 10.01.2023 Бюл. № 1

Адрес для переписки:
390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1, ФГБОУ ВО
РГАТУ, Безносюк Р.В.

(72) Автор(ы):

Шемякин Александр Владимирович (RU),
Забара Константин Александрович (RU),
Терентьев Вячеслав Викторович (RU),
Костенко Михаил Юрьевич (RU),
Безносюк Роман Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

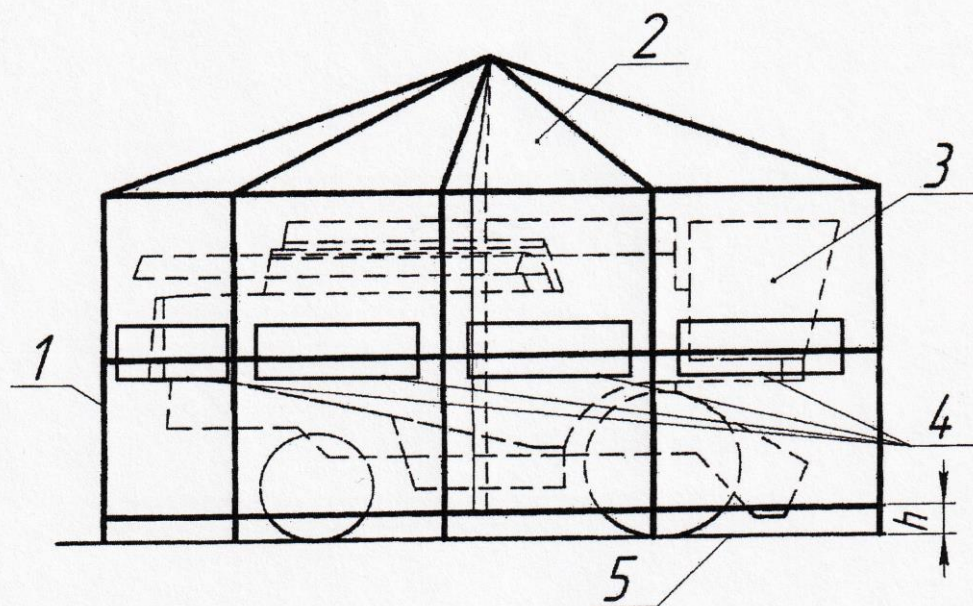
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Рязанский государственный
агротехнологический университет имени
П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ) (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 108067 U1, 10.09.2011. RU 87735
U1, 20.10.2009. RU 2752828 C1, 06.08.2021. WO
1993016257 A1, 19.08.1993. CA 3007734 A1,
15.06.2017.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

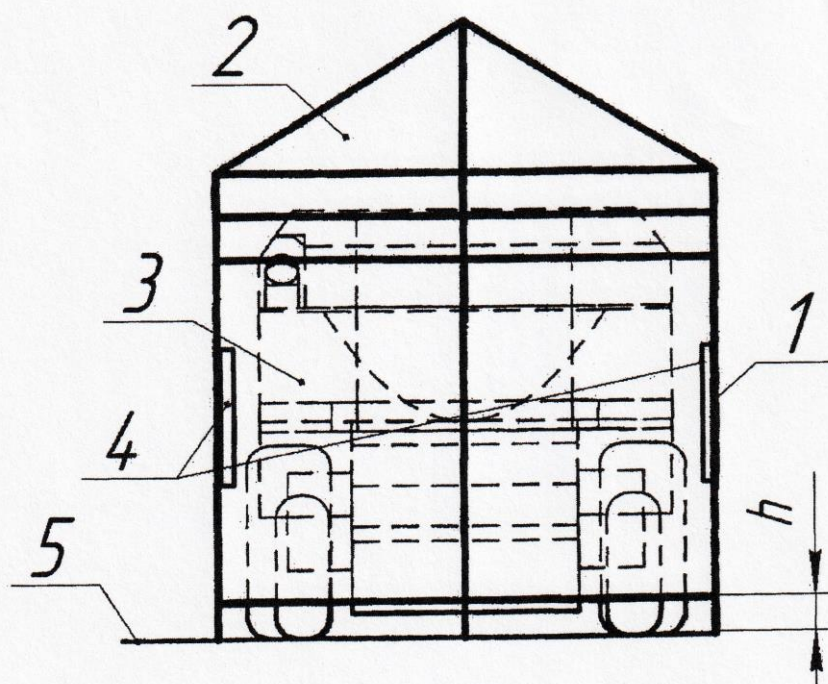
(57) Реферат:

Полезная модель относится к области сельского хозяйства, в частности к устройствам для хранения машин и оборудования сельскохозяйственного назначения. Устройство для длительного хранения сельскохозяйственной техники состоит из индивидуального укрытия, выполненного в виде купола, закрепленного на металлическом каркасе, выполненного из профилей, соединенных между собой одноуровневыми соединителями, причем купол установлен с зазором относительно площадки

хранения, причем на металлическом каркасе купола установлены инфракрасные излучатели, направленные в сторону хранящейся сельскохозяйственной техники. Предлагаемое схемно-конструктивное решение устройства для длительного хранения сельскохозяйственной техники по сравнению с базовым объектом, принятым за прототип, позволяет улучшить условия длительного хранения сельскохозяйственной техники.



Фиг. 1



Фиг. 2

ОКОНЧАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ А

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



RU2022682814

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства):
2022682814

Дата регистрации: 28.11.2022

Номер и дата поступления заявки:
2022682019 17.11.2022

Дата публикации и номер бюллетеня:
28.11.2022 Бюл. № 12

Контактные реквизиты:
romario345830@yandex.ru

Автор(ы):

Шпак Артем Андреевич (RU),
Шемякин Александр Владимирович (RU),
Борычев Сергей Николаевич (RU),
Терентьев Вячеслав Викторович (RU),
Безносок Роман Владимирович (RU),
Забара Константин Александрович (RU)

Правообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Рязанский государственный
агротехнологический университет имени П.А.
Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ) (RU)

Название программы для ЭВМ:

**«ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА И КОНТРОЛЯ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ»**

Реферат:

Программа предназначена для расчета и регулировки технических средств, направленных на поддержание и контроль условий хранения и обслуживания сельскохозяйственной техники. Тип ЭВМ: ПК на базе процессора не ниже Pentium 3,0 ГГц, ОС: Windows 7.

Язык программирования: C++

Объем программы для ЭВМ: 45 КБ

ХАРАКТЕРИСТИКА УСТРОЙСТВА ЦИФРОВОЙ МЕТЕОСТАНЦИИ DAVIS 6250EU VANTAGE VUE

- 1) Блок управления метеокомплексом;
- 2) Сборник осадков (самовыливное ведро обеспечивает точность измерения количества осадков с шагом в 0,01" (0,2 мм);
- 3) Анемометр (регистрирует скорость ветра от 2 миль в час (3 км/ч) до 150 миль в час (241 км/ч);
- 4) Погодостойкий корпус (устойчивый к коррозии корпус обеспечивает надежную работу в неблагоприятных условиях окружающей среды. Электронные компоненты герметизированы для дополнительной защиты от воздействия влаги);
- 5) Защитный экран (обеспечивает надежную защиту от солнечного и других источников излучения);
- 6) Датчик температуры влажности (обеспечивает измерение температуры окружающей среды в диапазоне от – 40°C до + 65°C и относительную влажность в пределах от 0 до 100%);
- 7) Набор крепежного оборудования;
- 8) Панель солнечных батарей (обеспечивает питание станции в светлое время суток. Встроенный конденсатор обеспечивает питание в темное время суток. Литиевая батарея обеспечивает резервное питание в случае необходимости);
- 9) Ватерпас (обеспечивает более точную установку и улучшение сбора данных);
- 10) Габаритные размеры:
 - Консоль: 203x203x101 мм;
 - LCD дисплей: 80x110 мм
 - Сенсорный модуль: 464x184x387 мм.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ДЕФЕКТОСКОП

«ДАМИ-С09»

Технические характеристики

Диапазон рабочих частот	1кГц - 1МГц
Производительность контроля	не менее 500 измерений/с
Виды сигнализации наличия дефекта	звуковая и световая
Максимальный размер С-изображения (С-скана)	500мм x 500мм
Погрешность определения координат преобразователя	не более 1,5 мм
Встроенные языки интерфейса	Русский, английский
Тип и разрешения экрана	Цветной TFT экран, 320 x 240 пикселей
В архиве прибора сохраняются: Настройки; результаты контроля; снимки А-сканов; снимки комплексной плоскости; снимки С-сканов.	
Время автономной работы от встроенной аккумуляторной батареи	не менее 8 часов
Диапазон температур эксплуатации при влажности не более 95%	– 10°C до +50°C
Степень защиты от проникновения пыли и воды	IP54 по ГОСТ 14254
Масса прибора со встроенным аккумулятором	не более 1 кг
Габаритные размеры	не более 135мм x 220мм x 50мм

БЛЕСКОМЕР ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ

БФО 1М-20

Блескомер фотоэлектрический одноугловой БФО-1М-20 предназначен для измерения блеска лакокрасочных покрытий, пластмасс и других поверхностей при геометрии освещения/наблюдения 20°/20°. Специализированный прибор для измерения блеска полированных металлов, полированного камня, пластиков, красок с высокой степенью блеска.

Технические характеристики

Диапазон измерения блеска, ед. блеска	от 2 до 100
Время сохранения информации на цифровом табло после измерения, с	7
Предел допускаемого значения основной абсолютной погрешности измерения, не более ед. блеска	±1
Габаритные размеры, мм	180x40x120
Масса, кг	0,9

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

**ДЕФЕКТОСКОП ИМПУЛЬСНЫЙ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ
«ПУЛЬСАР-2И»**

Основные технические характеристики

Толщина контролируемых покрытий	до 12 мм
Наименьший диаметр выявляемого дефекта	0.1 мм
Скорость перемещения электрода	не более 25 см/с
Выходное напряжение	1,5- 36 кВ
Частота следования импульса	30-35 кГц
Расстояние между двумя дефектами, фиксируемыми как отдельные не менее:	15-20 мм
Время непрерывной работы от аккумуляторной батареи	не менее 5 часов
Масса узлов:	
Высоковольтного трансформатора	0,8 кг
Блока контроля и питания БКП-1	3.7 кг
Комплекта в упаковке	7 кг
Габаритные размеры	220x180x75



АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы Забары Константина Александровича на тему: «Обоснование параметров устройства хранения техники в агропромышленном комплексе» представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Мы ниже подписавшиеся, директор Ростилев А.М., механик Федюлин М.Н. со стороны ООО «Рассвет» и профессор, д.т.н. Шемякин А.В. и старший преподаватель Забара К.А. со стороны Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева», составили настоящий акт в том, что результаты диссертационной работы Забары Константина Александровича на тему: «Обоснование параметров устройства хранения техники в агропромышленном комплексе» внедрены в производство для защиты от коррозии и старения полимеров деталей и узлов сельскохозяйственной техники (СХТ) в процессе эксплуатации и хранения в ООО «Рассвет» (390017, Рязанская область, Клепиковский район, с Давыдово).

Использование разработанного автором теплового устройства хранения техники, содержащего индивидуальное хранилище, внутри которого установлены инфракрасные обогреватели, направленные в сторону изолируемого объекта СХТ (сеялка зерновая СЗУ-3,6), позволило быстро и своевременно реагировать на изменения метеорологических условий. Что обеспечило надежную защиту изолируемого объекта СХТ от агрессивного воздействия на него окружающей среды в течение всего периода хранения. В результате чего затраты на поддержание работоспособности данного объекта СХТ снизились примерно на 15%.

Директор

А.М. Ростилев

Механик

М.Н. Федюлин

Профессор

А.В. Шемякин

Старший преподаватель

К.А. Забара