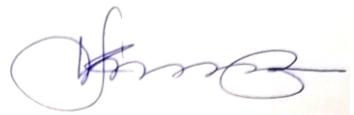


На правах рукописи



ЗАБАРА КОНСТАНТИН АЛЕКСАНДРОВИЧ

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

Специальность 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для
агропромышленного комплекса

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Рязань – 2025

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ).

Научный руководитель: **Шемякин Александр Владимирович**

доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Кравченко Игорь Николаевич,**

доктор технических наук, профессор,

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования

Катаев Юрий Владимирович,

кандидат технических наук, доцент, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», заведующий отделом «Диагностика, техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования» федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (ФГБНУ ВНИИТИН)

Ведущая организация

Защита состоится «04» февраля 2026 г. в 12.00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.031.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» по адресу 390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д.1, зал заседаний диссертационного совета

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО РГАТУ, на сайте: <http://rgatu.ru/>, с авторефератом – на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации <https://vak.gisnauka.ru/>

Автореферат разослан «___» 2026 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

доктор технических наук, профессор

Юхин

Юхин Иван Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 и апробации результатов. 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 работы. 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. Общий объем публикаций составил 6,88 п.л., из них лично соискателю принадлежит 5,16 п.л.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4-х глав, заключения, списка литературы из 165 наименований и приложений, изложена на 160 страницах, включает 47 рисунков и 17 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлена актуальность проводимых исследований, определены цель, научная новизна и практическая значимость работы. Сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Состояние вопроса, цель и задачи исследования» дан обзор литературных данных о причинах износа СХТ в нерабочий период.

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

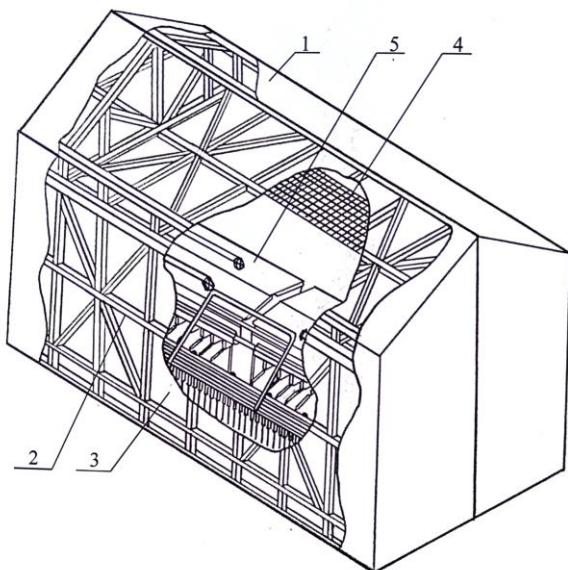
ремонта, условий и режимов работы, производственно-технической базы и других эксплуатационных факторов. Отличительной особенностью работы машины в сельском хозяйстве, является её кратковременное периодическое и напряженное использование с последующим длительным хранением. Причем длительность работы большинства этих машин составляет всего лишь 10-15 % от всего календарного времени, а в остальное время года эти машины находятся на хранении.

Наиболее опасными факторами климата, воздействующими на надежность СХТ, являются осадки, выпадение росы и солнечная радиация, оказывающие существенное влияние на интенсивность протекания процессов самопроизвольного разрушения металлов (коррозия), а также термо- и фотодеструкция полимеров под действием солнечного излучения (старение полимеров).

Для защиты конкретного объекта СХТ от выпадения росы на его поверхности необходимо будет создать определенные условия, при которых скорость охлаждения данной техники была бы равна или меньше скорости охлаждения окружающего воздуха. Добиться таких результатов возможно путем установки барьера на пути переноса тепла от конкретного объекта СХТ в окружающую среду в виде теплового излучения, при условии, что детали и узлы данной техники будут полностью ограждены от попадания на них солнечной радиации и осадков.

На основе проведенного анализа научной литературы и передового опыта хранения техники были сформулированы задачи исследования.

Во второй главе «Исследования устройства хранения техники» на основании теоретических исследований была предложена схема устройства хранения техники (рисунок 1) и определены его параметры.



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

Рисунок 1 – Схема устройства хранения техники (патент РФ №215922)

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.

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. Тентовое полотно, серебристо-серого цвета, также препятствует передачи тепла от одних тел к другим в виде теплового излучения. 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.

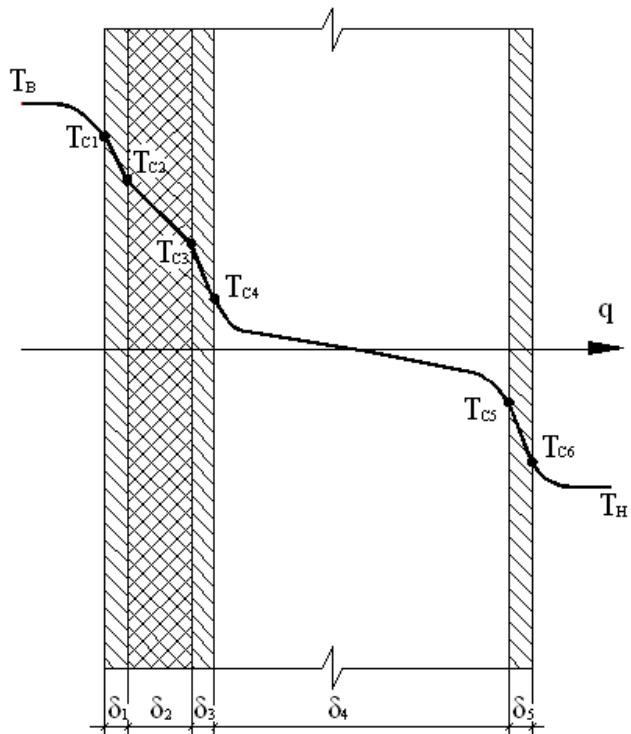
Во время хранения изолируемый объект хранения 5 излучает электромагнитные волны (тепловое излучение). При этом лучистый тепловой поток от поверхности изолируемого объекта хранения 5 последовательно и многократно, с затуханием отражается и поглощается внутренним экраном многослойной ограждающей конструкции, что снижает скорость охлаждения изолируемого объекта хранения 5 в ночные часы и его нагрев в дневные часы. При повышении уровня влажности воздуха внутри устройства хранения техники 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.

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 такой

пропорциональности не существует. В твердом теле теплопередача может осуществляться только одним способом – через теплопроводность данной среды, тогда как в воздушной прослойке перенос тепловой энергии может осуществляться всеми тремя способами. При учете многократного отражения и поглощения лучистого теплового потока параллельными поверхностями воздушной прослойки происходит его многократное отражение, поглощение и передача теплоты теплопроводностью и конвекцией.

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

Для решения этой задачи рассмотрим теплопередачу через многослойное ограждение устройства хранения техники, 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 воздушные прослойки данного ограждения, одна из поверхностей которых имеет теплоотражающее покрытие, не имеют сообщения с наружным и внутренним воздухом.



T_B – температура внутреннего воздуха; T_{c1} – температура внутренней поверхности теплового устройства хранения техники; $T_{c2}, T_{c3}...T_{c5}$ – 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 – Расчетная схема к обоснованию теплопередачи многослойного ограждения устройства хранения техники

Окончательно получаем:

$$q = (T_{c1} - T_{c2}) \frac{\lambda_1}{\delta_1} + (T_{c2} - T_{c3}) \frac{\lambda_2}{\delta_2} + (T_{c3} - T_{c4}) \frac{\lambda_3}{\delta_3} + \frac{1}{\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_0}} \left[\left(\frac{T_{c4}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{c5}}{100} \right)^4 \right] \times \\ \times \left[1 - \left(1 - \frac{C_2}{C_0} \right)^2 \cdot \left(1 - \frac{C_1}{C_0} \right) \right] + (T_{c4} - T_{c5}) \frac{\lambda'_4 + \lambda''_4}{\delta_4} + (T_{c5} - T_{c6}) \frac{\lambda_5}{\delta_5} \quad (1)$$

где q – удельное количество теплоты, проходящее через 1м^2 многослойной ограждающей конструкции в течение 1ч, при условии, что ограждения данной конструкции расположены в вертикальной плоскости, $\text{Вт}/\text{м}^2$; λ_1 – коэффициент теплопроводности наружного металлизированного слоя, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; T_{c1} – температура внутренней поверхности теплового устройства хранения техники, К; T_{c2} – температура на границе с соседним слоем теплового устройства хранения техники, К; λ_2 – коэффициент теплопроводности слоя несшитого вспененного полиэтилена, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; δ_2 – толщина слоя несшитого вспененного полиэтилена, м; T_{c3} – температура на границе с соседним слоем теплового устройства хранения техники, К; λ_3 – коэффициент теплопроводности внутреннего металлизированного слоя, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; δ_3 – толщина внутреннего металлизированного слоя, м; T_{c4} – температура на границе с соседним слоем теплового устройства хранения техники, К; λ'_4 – коэффициент теплопроводности неподвижного воздуха воздушной прослойки, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; λ''_4 – условный коэффициент, называемый коэффициентом переноса тепла конвекцией, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; δ_4 – толщина воздушной прослойки, м; T_{c5} – температура на границе с соседним слоем теплового устройства хранения техники, К; C_1 – коэффициент излучения поверхности воздушной прослойки расположенной со стороны внутренней поверхности ограждения, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}^4)$; C_2 – коэффициент излучения поверхности воздушной прослойки расположенной со стороны наружной поверхности ограждения, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}^4)$; C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}^4)$; λ_5 – коэффициент теплопроводности тентового укрытия, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; δ_5 – толщина тентового укрытия, м; T_{c6} – температура наружной поверхности теплового устройства хранения техники, К.

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

$$R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = R, \quad (2)$$

где R_1 – термическое сопротивление наружного металлизированного слоя, $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$; R_2 – термическое сопротивление несшитого вспененного

полиэтилена, $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$; R_3 – термическое сопротивление внутреннего металлизированного слоя, $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$; R_4 – термическое сопротивление воздушной прослойки с учетом многократного отражения и поглощения, $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$; R_5 – термическое сопротивление тентового укрытия, $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$.

Сравнением теплоты, которую получает или теряет объект СХТ в процессе теплообмена с окружающей средой, внутри устройства хранения техники и вне его, установлено, что многослойное ограждение устройства, внутренний теплоизоляционный слой которого 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 слоем составляет 0,05 м, снижает теплообмен между объектом хранения и окружающей средой.

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований устройства хранения техники» представлена методика и результаты 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.

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 (рис. 3).



1 – экспериментальная панель; 2 – выносной проводной зонд (датчик); 3 – скоба прижимная, для выносного проводного зонда (датчика); 4 – комбинация измерительных приборов; 5 – выносные проводные, водонепроницаемые датчики электронных термометров; 6 – цифровой термометр-гигрометр FY-12; 7 – электронные термометры REZER TP-22/ОТ-НОМ1.

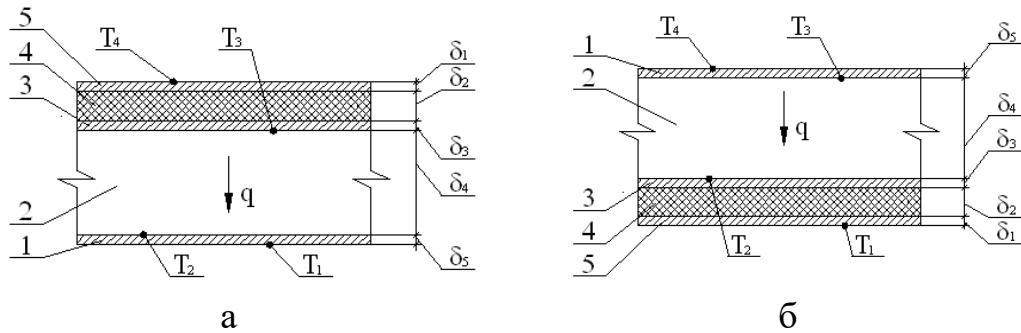
Рисунок 3 – Лабораторная установка для исследования фрагмента теплового устройства хранения техники

Лабораторные исследования проводились в два этапа. Экспериментальную панель устанавливали на контур рабочего проема морозильной камеры холодильной установки, и закрепляли неподвижно в установленных точках крепления (рис. 4).



Рисунок 4 – Лабораторная установка для исследования фрагмента теплового устройства хранения техники в работе

На рисунке 5 представлена схема рассматриваемой конструкции экспериментальной панели, на которой установлены выносные проводные, водонепроницаемые датчики электронных термометров на различных этапах исследования.



а – первый этап; б – второй этап; 1 – тентовая ткань из тарпаулина; 2 – воздушная прослойка; 3 и 5 – металлизированный слой теплоизоляции «Тепофол»; 4 – слой несшитого вспененного полиэтилена теплоизоляции «Тепофол»; Т1, Т2, Т3 и Т4 – выносные проводные, водонепроницаемые датчики электронных термометров; q – тепловой поток; $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_5$ – толщина слоя.

Рисунок 5 – Схема рассматриваемой конструкции экспериментальной панели на различных этапах исследования

На рисунках 6 и 7 представлены показания температур наружных и внутренних поверхностей укрывного материала граней экспериментальной панели достигших установившегося значения на различных этапах исследования.

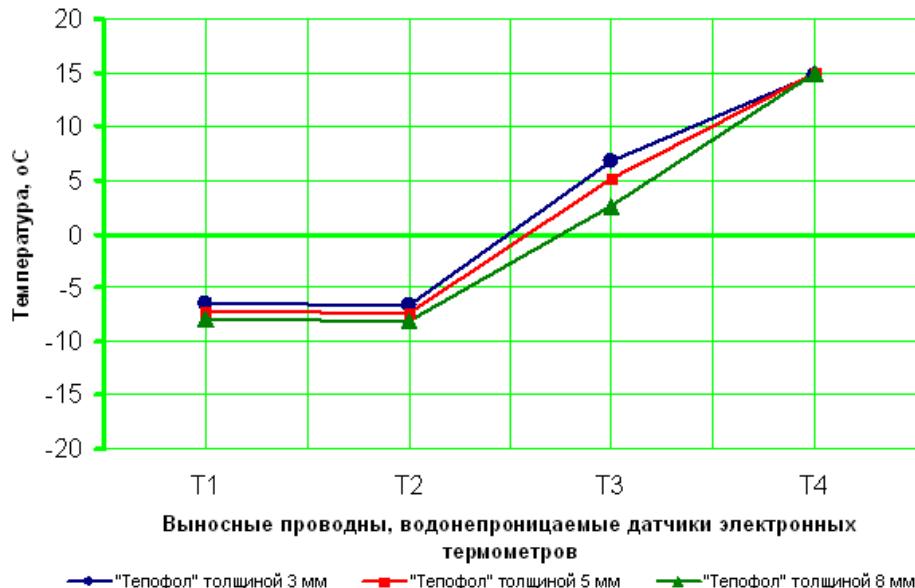


Рисунок 6 – Температура укрывного материала граней экспериментальной панели при первом этапе исследования

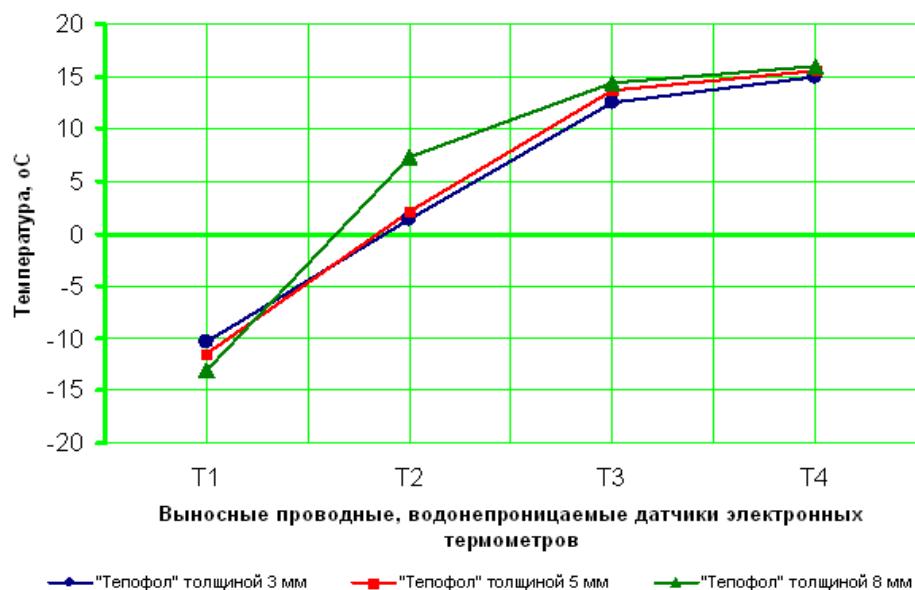


Рисунок 7 – Температура укрывного материала граней экспериментальной панели при втором этапе исследования

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

$$T_{\text{в.ст}} = 16,2444 + 0,2833 \delta_{\text{теп}} - 0,450 T_{\text{н}} + 0,0833 \delta_{\text{теп}}^2 - 0,025 \delta_{\text{теп}} T_{\text{н}} - 0,0167 T_{\text{н}}^2, \quad (3)$$

где $T_{в,ст}$ – температура внутренней стенки экспериментальной панели, °C; $\delta_{теп}$ – толщина изоляционного материала экспериментальной панели «Тепофол», м; T_h – температура наружного воздуха, °C.

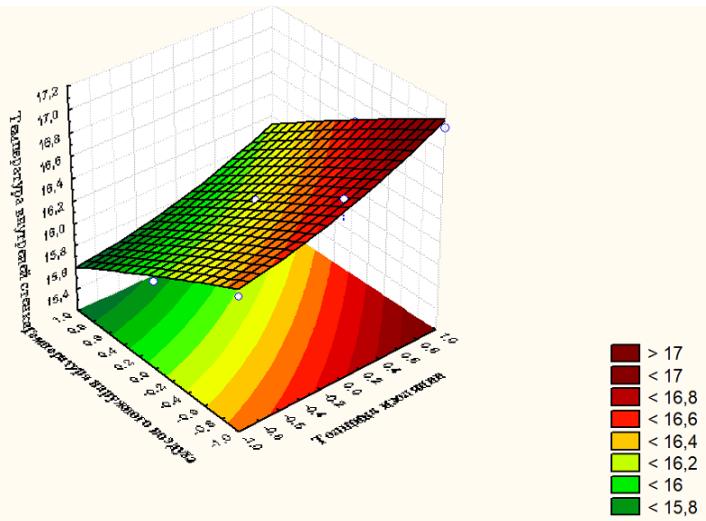


Рисунок 8 – Графическая зависимость

Анализируя математическую зависимость (3) и приведенный график (рис. 8), было установлено, что температура внутренней стенки экспериментальной панели определяется толщиной теплоизоляции и с увеличением толщины изоляции разница температур увеличивается, т.е. возрастает тепловое сопротивление экспериментальной панели.

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

$$T_{h,ст} = 17 + 0,5667 \delta_{теп} - 0,3667 T_v, \quad (4)$$

где $T_{h,ст}$ – температура наружной стенки экспериментальной панели, °C; $\delta_{теп}$ – толщина изоляционного материала экспериментальной панели «Тепофол», м; T_v – температура внутреннего воздуха, °C.

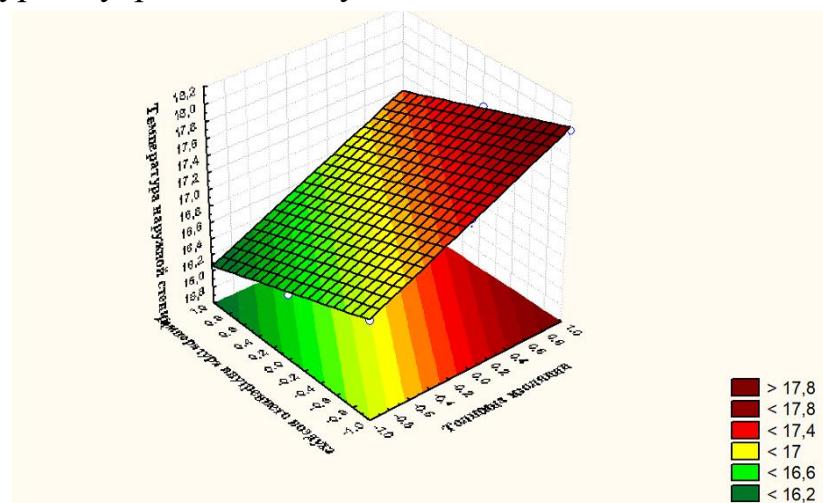


Рисунок 9 – Графическая зависимость

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

$$T_{\text{нар}} = 17 + 0,5667\delta_{\text{теп}} - 0,3667T_{\text{вн}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{нар}}$ – температура наружной стенки экспериментальной панели, $^{\circ}\text{C}$;
 $\delta_{\text{теп}}$ – толщина изоляционного материала экспериментальной панели «Тепофол», м;
 $T_{\text{вн}}$ – температура внутреннего воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

Анализ уравнения (4) показал, что наиболее значимым фактором, влияющим на температуру наружной стенки, является толщина теплоизоляционного материала экспериментальной панели.

Результаты определения эффективности теплотехнических свойств фрагмента теплового устройства хранения техники с учетом трех вариантов толщины металлизированной теплоизоляции «Тепофол» на различных этапах исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты теплотехнических исследований фрагмента теплового устройства хранения техники на различных этапах исследования

Величина и обозначение	Единица измерения	«Тепофол», $\delta_{\text{теп.}} = 0,003 \text{ м}$		«Тепофол», $\delta_{\text{теп.}} = 0,005 \text{ м}$		«Тепофол», $\delta_{\text{теп.}} = 0,008 \text{ м}$	
		1 этап	2 этап	1 этап	2 этап	1 этап	2 этап
Толщина воздушной прослойки, $\delta_{\text{в.п.}}$	м	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Толщина тарпаулина, $\delta_{\text{тар.}}$	м	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Общая толщина экспериментальной панели, $\delta_{\text{э.п.}}$	м	0,055	0,055	0,057	0,057	0,060	0,060
Термическое сопротивление воздушной прослойки, $R_{\text{в.п.}}$	$\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$	0,442	0,461	0,451	0,461	0,470	0,503
Термическое сопротивление Тепофола, $R_{\text{теп.}}$	$\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$	0,091	0,091	0,151	0,151	0,242	0,242
Термическое сопротивление тарпаулина, $R_{\text{тар.}}$	$\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Суммарное термическое сопротивление, $R_{\text{э.п.}}$	$\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$	0,537	0,556	0,606	0,616	0,716	0,749
Эффективная теплопроводность экспериментальной панели, $\lambda_{\text{эфф.}}$	$\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$	0,102	0,098	0,094	0,092	0,083	0,080

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований» представлены основные полученные результаты.

Исследования были проведены в ООО «Рассвет» Клепиковского района Рязанской области. Исследование на территории Клепиковского района Рязанской области показало, что резкие колебания температуры при высоком уровне влажности воздуха и предложенная технология хранения СХТ оказывают влияние на возникновение и развитие процесса коррозии. Показатели развития процесса коррозии металла при различных способах хранения СХТ представлены на рисунке 10.

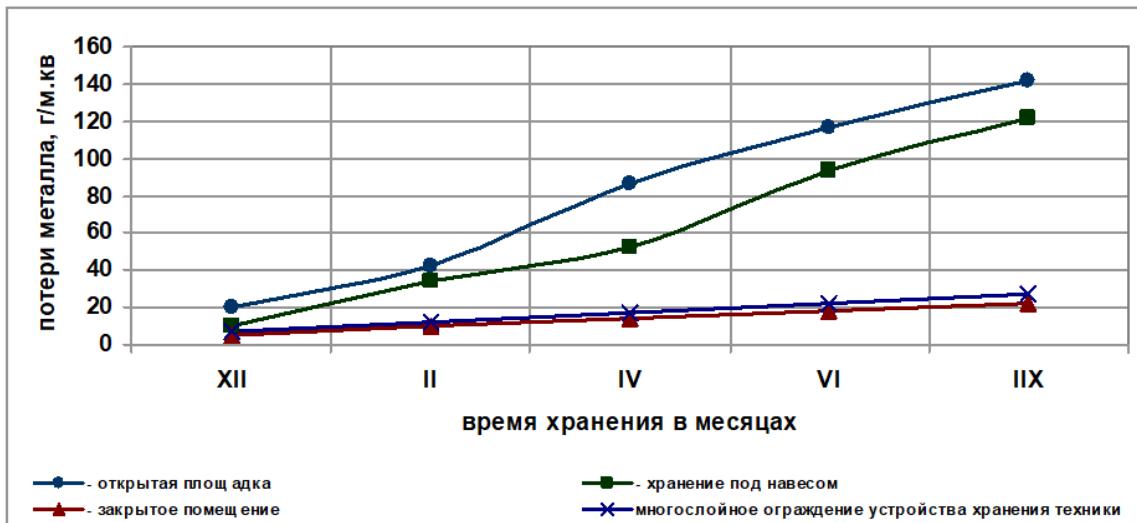


Рисунок 10 – Развитие процесса коррозии металла при различных способах хранения СХТ

В ходе проведения экспериментальных исследований было установлено, что потери металла за весь период хранения 1 единицы зерновой сеялки СЗУ-3,6 в закрытом помещении выявляются в меньшей степени и составляют примерно $22 \text{ г}/\text{м}^2$, чем при хранении 1 единицы такого же объекта СХТ на открытой площадке или под навесом, которые составляют примерно $148 \text{ г}/\text{м}^2$ и $129 \text{ г}/\text{м}^2$ соответственно. Потери металла при хранении 1 единицы зерновой сеялки СЗУ-3,6 на открытой площадке с применением многослойного ограждения устройства хранения техники составили $27 \text{ г}/\text{м}^2$.

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 СХТ при различных способах хранения. Таким образом, появилась возможность установить удельные затраты на восстановление работоспособности СХТ при различных способах ее хранения (таблица 2).

Таблица 2 – 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
Многослойное ограждение устройства хранения техники	94,56

Анализируя полученные сведения, можно прийти к выводу, что при одинаковой годовой нагрузке удельные затраты на восстановление работоспособности СХТ при различных способах ее хранения, имеют разные показатели.

В основе технологии возведения многослойного ограждения устройства хранения техники лежит принцип проектирования унифицированных типоразмеров планировочных и элементов конструкции хранилища. Эта технология позволяет сократить сроки и стоимость сборки устройства при сохранении высокого качества эксплуатационных характеристик (рисунок 11).



а – сборка каркаса устройства из модульных конструкций; б – каркас устройства в сборе; в – общий вид устройства (наружный слой многослойной ограждающей конструкции устройства – тарпаулин плотностью 120 г/м²).

Рисунок 11 – Технология возведения многослойного ограждения устройства хранения техники

Возводить многослойное ограждение 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.

Экономический эффект от внедрения способа хранения 1 единицы 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.

Положения диссертации и полученные результаты отражены в следующих основных публикациях:

Статьи в рецензируемых изданиях из списка ВАК РФ

1. 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.

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

3. 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.

4. 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.

Патенты РФ

5. Патент на полезную модель № 215922 У1 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 TMCCFL.

6. 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.

*Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная
Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз.*

Заказ №1674 подписано в печать 24.11.2025 г.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Рязанский государственный агротехнологический университет
имени П.А. Костычева»*

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1

*Отпечатано в издательстве учебной литературы и учебно-
методических пособий ФГБОУ ВО РГАТУ*

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1