

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева»

На правах рукописи



ПОДЪЯБЛОНСКИЙ АЛЕКСЕЙ ВАЛЕРЬЕВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ОЧИСТКИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Специальность 05.20.03 - Технологии и средства технического обслуживания
в сельском хозяйстве

Научный руководитель:

д. т. н., профессор А.В. Шемякин

Рязань 2022

АННОТАЦИЯ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы цель, задачи и основные положения диссертационной работы, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ способов хранения и консервации техники, а также выявлена потребность в разработке высокоэффективных процессов очистки и универсальных устройств, обеспечивающих качественное удаление консервационного материала с минимальными материальными и трудовыми затратами.

Во второй главе проведены теоретические исследования воздействия устройства механической очистки на поверхность стыковых сварных соединений сельскохозяйственной техники (СХТ). Предложено устройство механической очистки СХТ.

Третья глава посвящена последовательности выполнения экспериментальных и производственных исследований устройства механической очистки сельхозтехники, определяющих диапазон параметров и режимов его работы.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных и производственных исследований устройства механической очистки техники, а также обоснован экономический эффект от внедрения разработанного устройства.

Сформулировано заключение, предложены рекомендации производству и перспективы дальнейшего совершенствования темы диссертационного исследования. Приведен список литературы. В приложениях представлены копии патентов и результаты научных исследований.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СПОСОБОВ ХРАНЕНИЯ И КОНСЕРВАЦИИ ТЕХНИКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	9
1.1 Анализ способов постановки техники на хранение.....	9
1.2 Анализ влияния климатических факторов на износ техники.....	14
1.3 Характеристика и свойства консервационных материалов.....	17
1.4 Анализ способов и устройств механической очистки СХТ.....	20
1.5 Постановка научной проблемы, цель и задачи исследования.....	29
Глава 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ УСТРОЙСТВА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ НА ПОВЕРХНОСТЬ СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.....	31
2.1 Конструкция устройства механической очистки СХТ от консервационного материала.....	31
2.2 Теоретические исследования движения абразивных частиц в канале устройства механической очистки СХТ	35
2.3 Теоретические исследования очистки от консервационного материала СХТ с использованием воздушно-абразивной струи.....	40
2.4 Теоретические исследования воздействия щетки на консервационный материал.....	43
Выводы по главе 2.....	46
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТРОЙСТВА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ	48
3.1 Общие положения экспериментальных исследований.....	48
3.2 Экспериментальные исследования	49
3.3 Производственные исследования	61

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	66
4.1 Результаты экспериментальных исследований	66
4.2 Результаты производственных исследований	76
4.3 Экономическая эффективность.....	80
Выводы по главе 4.....	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	87
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	89
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	106

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы.

Сезонность эксплуатации техники в нашей стране определяется особенностью климатических условий сельскохозяйственного производства продуктов питания. В продолжительный осенне-летний период СХТ практически не используется. Поэтому для снижения влияния климатических факторов на износ деталей техники и поддержание ее в работоспособном состоянии необходимо проводить консервацию в межсезонный период.

В процессе хранения под действием факторов окружающей среды консервационные составы разрушаются: влага и загрязнения, проникающие под консервант, способствуют резкому возрастанию коррозионного разрушения. Таким образом, большое значение имеет очистка СХТ от консерванта в процессе снятия их с хранения.

Высокая адгезия и вязкость консервационных материалов не позволяют произвести полную очистку защищаемых поверхностей стыковых сварных соединений СХТ существующими способами и устройствами. Поэтому разработка новых методов и технических средств, позволяющих повысить эффективность снятия защитных материалов при расконсервации техники, является актуальной и важной задачей.

Степень разработанности темы.

Значительный вклад в решение проблемы повышения эффективности процесса очистки сельскохозяйственной техники (СХТ), разработке механизированного оборудования и способов очистки внесли: Астанин В.К., Борычев С.Н., Быков В.В., Бышов Н.В., Загородских Б.П., Козлов Ю.С., Костенко М.Ю., Кравченко И.Н., Латышенок М.Б., Малюгин С.Г., Прохоренков В.Д., Пухов Е.В., Садетдинов Ш.В., Серпокрылов Н.С., Тельнов Н.Ф., Терентьев В.В., Успенский И.А., Фадеев И.В., Черноиванов В.И., Шемякин А.В., Юхин И.А., Yang L. и др.

Цель исследований – совершенствование процесса очистки от консервационных материалов сельскохозяйственной техники.

В соответствии с поставленной целью был разработан алгоритм исследований и определены следующие **задачи**:

1. Изучить современные способы очистки СХТ, выявить их преимущества и недостатки;
2. Предложить схему устройства механической очистки СХТ;
3. Теоретически обосновать параметры разработанного устройства механической очистки СХТ;
4. Экспериментально уточнить параметры устройства механической очистки СХТ;
5. Определить экономический эффект от применения разработанного устройства механической очистки СХТ.

Объект исследований - процесс механической очистки от консервационных материалов СХТ.

Предмет исследований – закономерности процесса механической очистки СХТ на консервационный материал.

Научную новизну работы составляют:

- аналитические зависимости, раскрывающие влияние параметров устройства механической очистки СХТ на степень очистки стыковых сварных соединений от консервационного материала.

Теоретическая значимость работы. Обосновано влияние параметров устройства механической очистки СХТ на степень очистки стыковых сварных соединений от консервационного материала.

Практическая значимость работы. Предложено научно-обоснованное техническое решение устройства механической очистки СХТ (патент №115250), обеспечивающее высокую степень очистки стыковых сварных соединений от консервационного материала.

Методы исследования. На основе классической механики, гидромеханики и математического анализа проведены теоретические

исследования. При осуществлении экспериментальных исследований использовались стандартные методики и современное аттестованное оборудование. Степень очистки «поверхности подготовленных образцов определялась в соответствии с ГОСТ Р ИСО 8501-1-2014. Обработка результатов исследований проведена методами математической статистики (с использованием программ MathCAD и Statistica).

Положения, выносимые на защиту:

- теоретическое обоснование параметров устройства механической очистки СХТ от консервационных материалов;
- результаты экспериментальных исследований устройства механической очистки СХТ от консервационных материалов.

Достоверность результатов исследований. Экспериментальные исследования проводились с использованием современных электронных приборов. Достоверность теоретических и экспериментальных результатов подтверждается их хорошей сходимостью, которая составила 92,3 %. Выводы по выполненной диссертационной работе, сверялись с результатами, опубликованными в различных источниках по аналогичной тематике.

Реализация результатов исследований. Производственные исследования устройства механической очистки СХТ проводились на технике общества с ограниченной ответственностью «Рассвет» д. Давыдово Клепиковского района Рязанской области.

Вклад автора в решение поставленных задач состоит в постановке цели и задач диссертационной работы, в проведении теоретических и экспериментальных исследований.

Апробация работы. Результаты исследований обсуждены на научно-практических конференциях ФГБОУ ВО РГАТУ имени П.А. Костычева (2010 – 2021 гг.).

Публикации. Основные положения диссертационной работы опубликованы в 8 научных работах, из них: 3 статьи в журналах, включенных в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в

которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук», 2 статьи в журналах международной системы цитирования SCOPUS, получено 2 патента на полезные модели РФ. Общий объем публикаций составил 1,525 п.л., из них лично соискателю принадлежит 1,05 п.л..

Структура и объем работы. Диссертационная работа включает введение, четыре главы, заключение, список литературы из 105 наименований и 3 приложения, а также 44 рисунок и 12 таблиц.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СПОСОБОВ ХРАНЕНИЯ И КОНСЕРВАЦИИ ТЕХНИКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

1.1. Анализ способов постановки техники на хранение

Важнейшим этапом технологического процесса эксплуатации тракторов и СХТ, является постановка на хранение. В межсезонный период сохранность техники обеспечивается за счет проведения комплекса мероприятий, цель которых исключить или хотя бы замедлить коррозию, старение узлов и деталей [8, 12, 14, 15, 104].

Организационные мероприятия обусловлены и включают в себя:

- создание организованных мест для нанесения противокоррозионной защиты на агрегаты и узлы СХТ перед постановкой на хранение;
- организацию материально-технического снабжения консервационными и смазочными материалами, средствами механизации;
- функции контроля за соблюдением правил техники безопасности, условий пожарной безопасностью и труда[2, 8, 11, 12,14,15, 25, 59, 76].

Технология постановки СХТ на хранение состоит из последовательного выполнения операций:

- очистки СХТ от почвенных, растительных и других загрязнений;
- нанесение защитных консервационных материалов на агрегаты, детали и элементы обшивки СХТ;
- постановка СХТ отведенные места хранения;
- расконсервация СХТ и приведение в рабочее состояние агрегатов и узлов [8, 12, 14, 15, 28, 35, 37, 63, 65, 82, 84, 96].

Постановка и снятие техники с хранения является неотъемлемым условием при внедрении планово-предупредительной системы обслуживания и ремонта машин в хозяйства агропромышленного комплекса. Правила постановки, хранение и расконсервация СХТ регламентируется ГОСТом

7751-71 «Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения» [11].

В научно-технической литературе приводятся следующие способы хранения: на открытых площадках, закрытый и комбинированный способ хранения СХТ и машин (рис.1.1) .



Рисунок 1.1 – Основные способы хранения СХТ

Многие авторы приходят к выводу, что при размещении техники в закрытых помещениях можно создать наилучшие условия хранения. Исключаются воздействия агрессивных факторов окружающей среды, прежде всего осадков и солнечной радиации. Можно создавать и искусственно поддерживать температурно-влажностный режим. Однако большим недостатком закрытого способа остается высокая удельная капиталоемкость складских помещений, поэтому если в хозяйствах имеются такие помещения, то их используют для хранения высокотехнологичной СХТ [11, 35, 96].

Более дешевые и простые по конструкции сельскохозяйственные машины, оборудование хранят на открытых площадках. В таких условиях хранения техника подвержена воздействию резкого перепада температур, конденсации влаги из воздуха, циклическому замерзанию поверхностной влаги, ветровой эрозии и солнечной радиации. Совместное действие перечисленных факторов губительно и снижает эксплуатационные характеристики машин. Комбинированный способ предусматривает хранение сложных дорогостоящих агрегатов в закрытых помещениях, что позволяет при достаточно небольших капиталовложениях повысить общий ресурс машины. Так же к комбинированному способу относят хранение СХТ под навесом или тентом. Такой способ исключает попадания солнечных лучей и осадков, но не защищает от конденсации влаги.

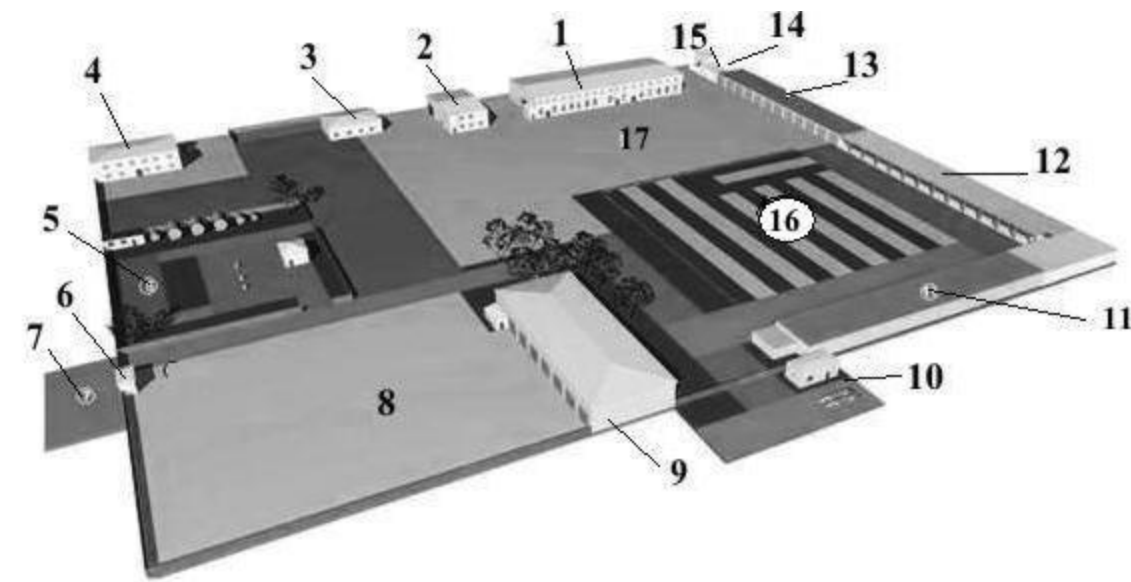
При постановки СХТ на открытые площадки и навесы обязательно проводят их тщательную консервацию путем нанесения защитных составов особенно на сварные стыковые соединения, которые наиболее подвержены коррозии [11, 24, 59, 76].

Основным объектом сельскохозяйственного предприятия по организации постановки техники на хранение является машинный двор.

Он включает в себя ряд специальных площадок и сооружений для выполнения организационно-технологических мероприятий технического обслуживания (рис 1.2).

В зависимости от количества единиц техники в хозяйстве машинный двор может быть центральный и производственный. Как правило, у больших сельскохозяйственных предприятий и холдингов имеется центральный (основной) и производственный (в бригадах, удаленных на несколько десятков километров от центральной усадьбы) машинные дворы.

Небольшим сельскохозяйственным предприятиям достаточно иметь центральный машинный двор, который разбивают на зоны: мойки техники, хранения запасных частей, аккумуляторных батарей, резины, снимаемых агрегатов, погрузочно-разгрузочных работ [11, 24].



1 - центральная ремонтная мастерская; 2 - вспомогательные помещения; 3 - пожарное депо; 4 - административный корпус; 5 - нефтехозяйство; 6 - контрольно-пропускной пункт; 7 - стоянка для личного транспорта; 8 - стоянка для техники; 9 - автогараж и столовая; 10 - мойка с эстакадой; 11 - боксы для хранения самоходных комбайнов; 12 - навесы для хранения сложной СХТ; 13 - боксы для стоянки тракторов; 14 - складские помещения; 15 - трансформаторная подстанция; 16 - стоянки для межсменного хранения техники; 17 - стояка для хранения простых сельскохозяйственных машин.

Рисунок 1.2 – Схема машинного двора

В зависимости от продолжительности не рабочего периода различают кратковременное и длительное хранение СХТ. Если нерабочий период продолжается от 10 до 60 дней, то организуют кратковременное хранение техники. Если предполагается, что нерабочий период будет длиться более 60 дней, то машины ставятся на длительное хранение. На кратковременное хранение машины ставят после окончания полевых работ.

Перед постановкой на хранение проводят техническое обслуживание или ремонт. Машины моют, устанавливают на подставки, снимают дорогостоящие агрегаты, ремни и цепи. Пневматические колеса покрывают защитным составом. Режущие аппараты косилок, комбайнов, неокрашенные

части сеялок, культиваторов покрывают консервационным материалом [9, 11, 12, 30, 35, 37, 56, 103].

На рисунке 1.3 представлена диаграмма технологических операций, обеспечивающих качественное хранение СХТ.

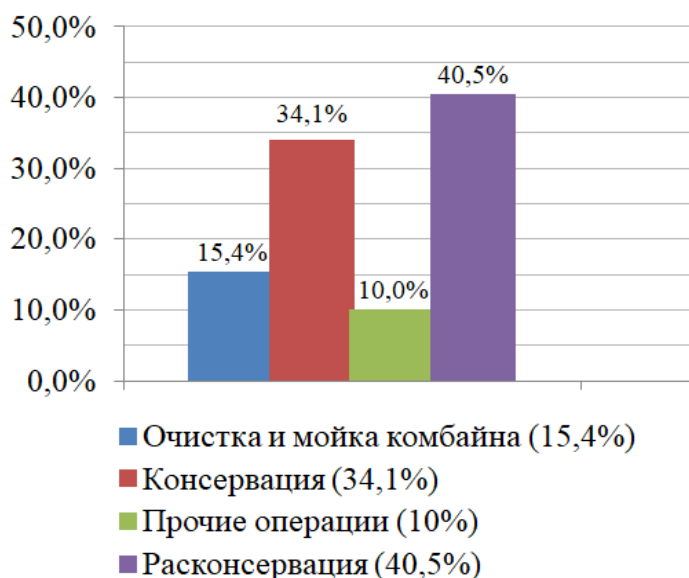


Рисунок 1.3 – Диаграмма весомости технологических операций сезонного технического обслуживания СХТ при их хранении

Анализ технологических операций хранения СХТ показал, что из всего перечня технологических операций, обеспечивающих хранение техники, наиболее значимым и трудоемким является процесс снятия с хранения и расконсервация - на него приходится 40,5 % по сравнению с другими операциями. Поэтому от качественного выполнения данной технологической операции напрямую зависит сохранность и эксплуатационная надежность СХТ [11, 12, 14, 15, 96].

Рассмотренные способы хранения и методы защиты имеют достаточную эффективность. Однако с течением времени при длительном хранении под воздействием внешних факторов консервант теряет свои защитные свойства. По истечении сезонного хранения для ввода СХТ в эксплуатацию проводится ее расконсервация. В процессе расконсервации происходит удаление защитных консервационных составов с поверхности

сварных стыковых соединений СХТ. Следовательно, существует потребность в разработке высокоэффективных процессов очистки и универсальных устройств, обеспечивающих качественное удаление консервационного материала с минимальными материальными и трудовыми затратами [9, 41, 44, 50, 57, 60, 80, 102].

1.2. Анализ влияния климатических факторов на износ деталей техники

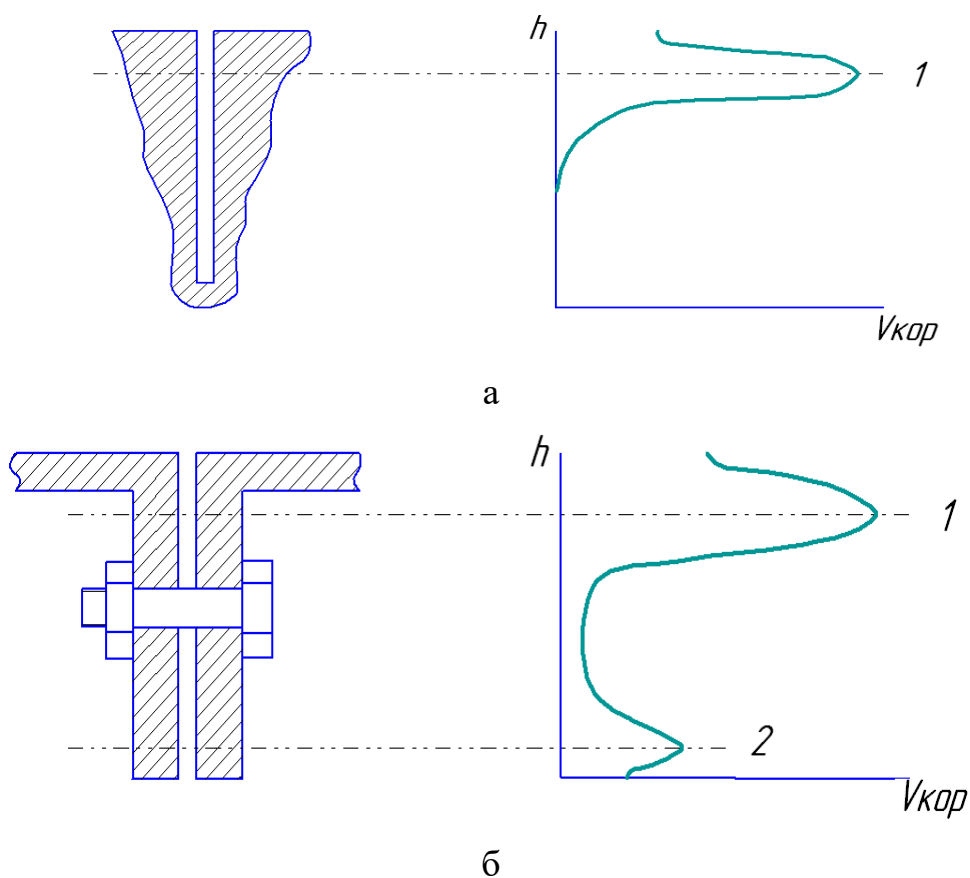
Агрессивными факторами окружающей среды влияющих на изменение конструкционных свойств материалов и износ деталей техники являются температура, влажность и скорость движения воздушных потоков окружающей среды, интенсивность солнечной радиации. На рисунке 1.4. показана структурная схема влияния факторов окружающей среды на показатели надёжности техники [24, 59, 76, 96].



Рисунок 1.4 – Структурная схема влияния факторов окружающей среды на показатели надёжности техники

Для защиты стыковых соединений от действия агрессивных факторов среды их механически изолируют пластичными антикоррозионными веществами. Поверхность стыка надежно защищена водо- и влагонепроницаемой пленкой и способна препятствовать процессу окисления [9, 12, 19, 34, 49].

Снижению защитной способности слоя пластичные смазки способствует действием высоких температур и прямой солнечной радиации. Совместное действие этих факторов в конечном итоге приводит к усушке защитного слоя и образованию трещин. Наибольшее действие коррозии наблюдается в стыковом соединении жестяных элементов обшивки СХТ (рис. 1.5) [24, 50, 68, 75, 85]. Отогнутые края жестяных элементов скрепляют между собой резьбовыми соединениями, заклепками, точечной сваркой и т.д.



а - не сквозная щель; б - сквозная щель

Рисунок 1.5 - Скорость коррозии в соединении жестяных элементов обшивки

Если рассматривать случай стыкового сварного соединения жестяных элементов обшивки с не сквозной щелью между элементами, то коррозия соединения будет различной по глубине, из-за различной концентрации кислорода в зазоре (рис. 1.5, а). Наибольшая скорость коррозии будет наблюдаться на подгибных кромках соединения [24, 96].

При соединении жестяных элементов обшивки крепежными элементами между ними образуется сквозная щель, а процесс образования коррозии протекает несколько иначе. График скорости коррозионного износа представлен на рисунке 1.5, б. Из графика видно, что имеются три участка: два участка по краям и один между ними. Первый участок, расположенный со стороны действия агрессивных факторов окружающей среды, имеет наибольшую скорость коррозии, особенно при появлении микротрещин в консервационном материале и инфильтрации под него воздуха. На втором участке скорость коррозии ниже, так как эта часть элемента закрыта от агрессивных факторов окружающей среды (влаги и перепада температур) [3, 24, 30, 96].

Исследования износа стыковых сварных соединений зерноуборочного комбайна Дон - 1500Б показали, что при длительном периоде хранения скорость коррозии составила от 28 г/м^2 до 225 г/м^2 в зависимости от способа хранения [4, 35, 80, 87].

Повышение интенсивности коррозионного разрушения в стыковых сварных соединениях СХТ объясняется несколькими причинами. Используемые консервационные покрытия в конце срока хранения обладают рядом свойств, затрудняющих их удаление, не говоря уже об очагах коррозии, находящихся под ними. Для повышения качества очистки поверхности стыковых сварных соединений СХТ необходимо провести анализ наиболее распространенных защитных составов и изучить их свойства [49, 57, 63, 65, 73, 77, 89, 90, 92].

1.3. Характеристика и свойства консервационных материалов

Консервационные материалы можно разделить на три группы: слабосвязанные; среднесвязанные и сильносвязанные консервационные материалы (рис. 1.6) [9, 12, 50, 53, 55, 80, 85].

К слабосвязанным консервационным материалам относятся жидкие защитные смазки. В сельском хозяйстве широкое применение получили: водно-восковые дисперсии, консервационные масла, мовиль, пленкообразующие нефтяные составы. Они сочетают в себе высокую технологичность нанесения и хорошую эффективность защиты [14, 16, 63].



Рисунок 1.6 – Классификация консервационных материалов

Сложные пространственные поверхности защищают тонким слоем масляной пленки (цепные передачи, шарнирные соединения и т.п.). На поверхность масло наносят краскопультом, кистью, небольшие детали окунанием. Недостатком является хорошая смываемость атмосферными осадками и необходимость защиты от солнечной радиации [12, 63, 85].

Пленкообразующие составы на основе нефтепродуктов, мыла, восков и полимерных загустителей обладают разными физико-механическими свойствами. Они получили название ингибированных тонкопленочных покрытий. Для улучшения нанесения и проникновения пленкообразующего состава в микротрещины и поры в его состав вводят летучие растворители. Способы нанесения на поверхность используют те же, что и при нанесении масел [14, 19, 34, 68, 75, 88].

Пленкообразующие составы делятся на три группы:

- пленки смываемые нефтяными растворителями;
- пленки несмываемые;
- пленки снимаемые с поверхности механизированными инструментами.

Для препятствия коррозии железа поверхность стальных деталей покрывают комбинированной защитной пленкой мовиля. Мовиль нельзя наносить на не высушенный, ржавый металл. Состав включает вазелин, моторное масло, олифу и преобразователи ржавчины. Используют чаще всего для обработки скрытых полостей [12, 63].

При хранении техники под навесом резинотекстильные изделия, лакокрасочные и металлические поверхности защищают водно-восковой дисперсией. При нанесении обрабатываемая поверхность плохо смачивается, поэтому рекомендуют наносить водно-восковые дисперсии в три слоя [63].

К среднесвязанным консервационным материалам относятся пластичные смазки. Они относятся к двухфазным структурированным дисперсиям. Жидкой средой пластической смазки является масло, а загуститель образует пространственный каркас, удерживающий жидкую фазу. Основным достоинством консервационного материала, является высокая адгезия к поверхности, низкая испаряемость, хорошая пластичность и морозостойкость [12, 63].

Наиболее известной ингибированной пластичной смазкой является смазка пушечная (ПВК). В качестве жидкой фракции используется минеральное масло, а в качестве загустителя: петролатум, церезин (около 5 %)

и антикоррозионная присадка. Хорошо наносится и защищает металлические поверхности. Основным недостатком является высокая липкость наружного слоя, к которому прикрепляется пыль и загрязняющие вещества [12, 19, 88].

Среднесвязанные консервационные материалы можно удалять механическим способом с применением ручной очистки и механизированными инструментами. Также пластичные смазки удаляются химическим способом с применением химических реагентов.

Бензино-битумные широко применяются для консервации СХТ. Для повышения защитных свойств битумную основу улучшают пластификаторами, ингибирующими присадками.

Удаление бензино-битумных составов с поверхности деталей машин осуществляется с применением механизированного инструмента, абразивно-струйной обработкой и в растворе электролита [12, 63].

Все вышеперечисленные консервационные материалы обладают различными физико-химическими характеристиками, представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Свойства консервационных материалов используемых при консервации

Консервационный материал	Физико-химических характеристик материалов				
	Плотность при 20 °С, кг/м ³	Устойчивость к внешним воздействиям	Кинематическая вязкость, мм ² /с	Толщина покрытия, мкм	Срок защиты мес.
Консервационное масло К-17 (ГОСТ 10877-76)	450	смывается атмосферным и осадками	15 - 22 (100°С)	50 - 100	10
Мовиль (ГОСТ 9.014-78)	550	низкая устойчивость	15 - 50 (20°С)	150	6
Защитная водно-восковая дисперсия ЗВД-13 (ТУ 38101716-78)	600	-	14 - 15 (20°С)	30 - 40	9
Консервационная смазка ПВК (ГОСТ 19537-83)	800	высокая устойчивость	55 - 85 (20°С)	400 - 600	18
Бензино-битумные составы (ГОСТ 6617-76)	900	-	45 - 105 (20°С)	400 - 600	6

Исследование и систематизация физико-химических характеристик консервационных материалов необходима для создания универсальных устройств их удаления с поверхностей узлов и деталей при снятии с хранения техники.

Анализ способов нанесения свойств консервационных материалов показывает, что СХТ эксплуатировать с консервационными материалами нельзя. Маслянистые вещества консервационных материалов приводят к налипанию и склеиванию между собой частиц грязи и пыли. Такой характер загрязнений точки концентрации вредных факторов.

В результате под воздействием внешних факторов консервационный материал теряет свои защитные свойства, а в соединении с загрязнениями ускоряется износ СХТ. В связи с этим необходимо более детально исследовать способы и устройства для удаления консервационных материалов с поверхности стыковых сварных соединений СХТ [18, 29, 42, 54, 64, 77, 89, 90, 92, 105].

1.4 Анализ способов и устройств механической очистки СХТ

Перед вводом СХТ в эксплуатацию выполняют комплекс операций по удалению веществ противокоррозионной защиты. Расконсервация включает в себя снятие СХТ с хранения, разгерметизацию и удаление консервационных составов [12, 63].

Проблемой повышения эффективности способов и средств механизации очистки СХТ занимались Астанин В.К., Борычев С.Н., Быков В.В., Бышов Н.В., Загородских Б.П., Козлов Ю.С., Костенко М.Ю., Кравченко И.Н., Латышенков М.Б., Малюгин С.Г., Прохоренков В.Д., Пухов Е.В., Садетдинов Ш.В., Серпокрылов Н.С., Тельнов Н.Ф., Терентьев В.В., Успенский И.А., Фадеев И.В., Черноиванов В.И., Шемякин А.В., Юхин И.А., Yang L. и др. [1, 30, 31, 63, 64, 71, 72, 73, 74, 75, 80, 82, 85, 88, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 105].

При снятии с хранения СХТ для удаления консервационных материалов используют физико-химические или механические способы очистки. Физико-химические способы очистки разделяют на электрохимическую очистку в растворе электролита и очистку под действие специальных химических реагентов. Механическую очистку осуществляют с применением щеток, механизированного инструмента, гидроабразивных и воздушно-абразивных струй (рис. 1.7) [10, 11, 29, 81].

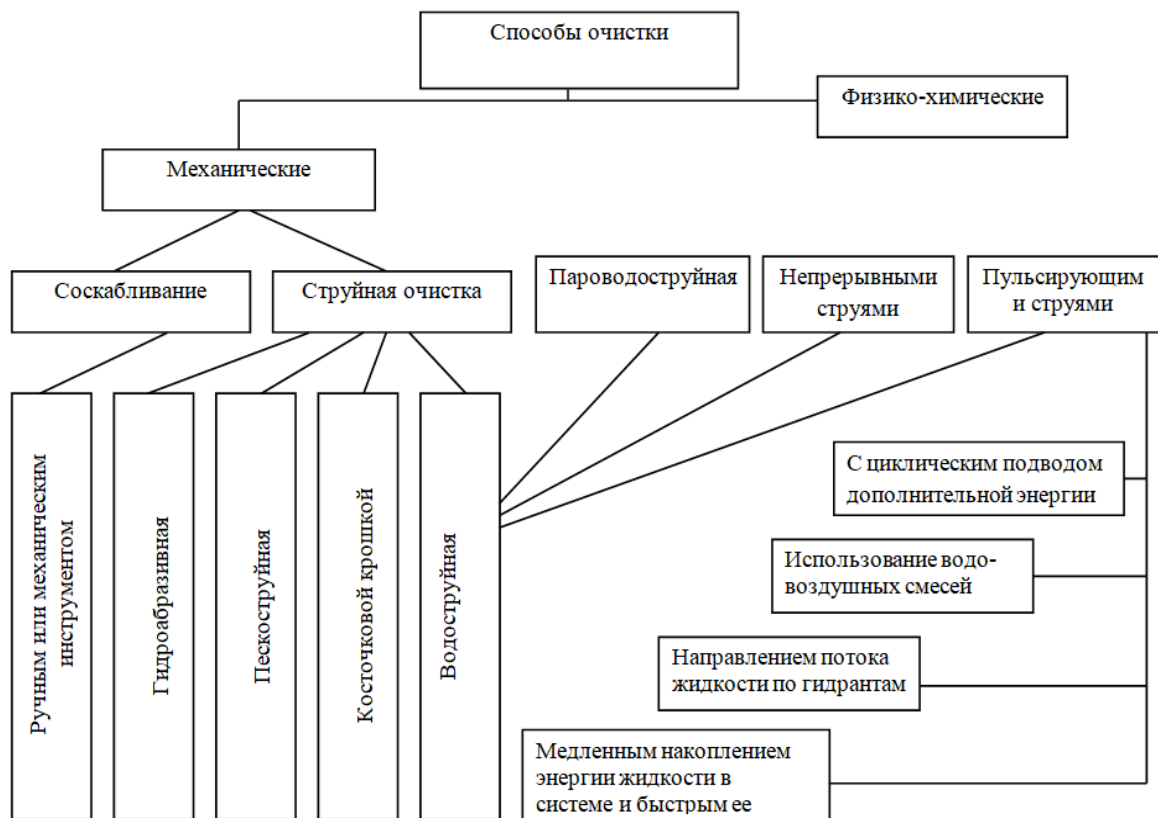


Рисунок 1.7 – Способы очистки деталей

Способ физико-химической очистки включает в себя химическое действие многокомпонентных моющих поверхностно-активные веществ на консервационный материал с одновременным физическим давлением струи [1, 24, 27, 32, 38, 40].

Неорганические загрязнения и коррозию деталей очищают кислотными составами. Недостатками кислотных моющих растворов являются вредное воздействие на организм человека и снижение стойкости деталей к коррозии.

Эмульсионные препараты используют для первой ступени удаления сильносвязанных консервантов. Обладают ограниченным применением [19, 34, 61, 63, 68, 75, 88].

Применение синтетических моющих средств создает экологическую опасность, опасные условия работы, увеличивает себестоимость хранения техники. Поэтому необходимо уделять внимание механическим способам очистки.

Механические способ очистки СХТ по принципу воздействия можно разделить на воздушно-абразивных, с воздействием энергии водяных струй и механический, за счет энергии вращательного движения скребков и щёток.

Ручная очистка поверхности применяется для снятия окалины, очистки поверхностей на начальном этапе. В качестве инструмента используют абразивные шкурки, проволочные щётки, молотки, скребки и шпатели. Из-за высокой трудоемкости, плохих условий выполнения работ, низкой производительности ручной способ не нашел широкого применения в сельском хозяйстве [10, 21, 22, 33].

Механизированную очистку проводят с ручных машин вращательного и возвратно-поступательного принципов действия. В качестве сменного инструмента применяют абразивные круги, камни, лепестковые круги, абразивный-электрокорунд, коралловые диски, проволочные щетки различных исполнений, шлифовальные ленты и т.д. (рис. 1.8).



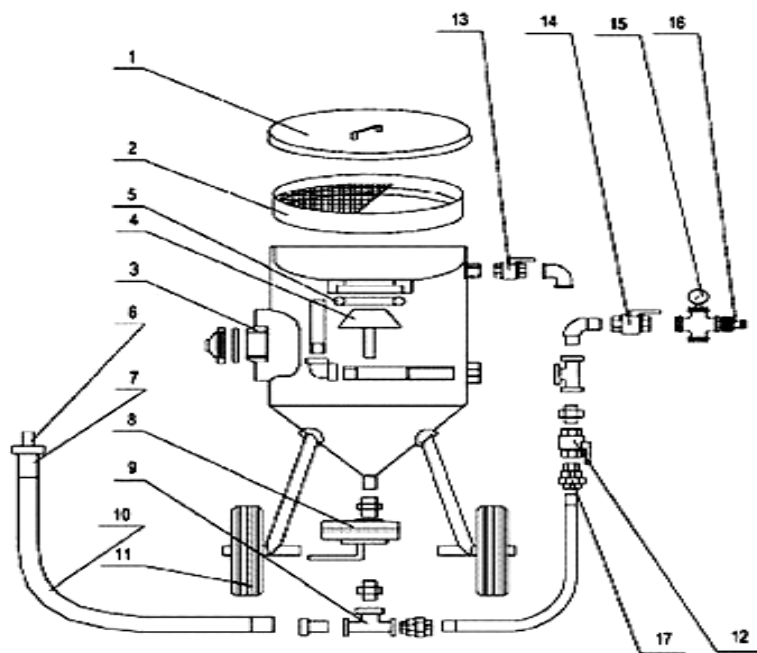
Рисунок 1.8 – Механизированная очистка с использованием проволочных щеток и абразивных дисков

Проволочные щетки, лепестковые круги, коралловые диски применяют для зачистки ржавчины, сварных швов, снятия старого лакокрасочного покрытия, однако эффективность снятия консервационных покрытий этим инструментом очень низкая [26, 42, 54, 64, 97].

Для обеспечения наилучшего качества очистки от консервационных материалов применяют струйный способ очистки. По влажности очищающей среды различают сухих и водные.

При использовании сухих очищающих сред в качестве вещества используют кварцевый песок, металлическую дробь и косточковую крошку [15, 79, 100, 101]. Кинетическая энергия движения твердых частиц преобразуется в энергию очищающего действия.

Все аппараты, используемые для пескоструйной очистки, имеют схожую конструкцию и состоят из следующих частей: емкости для абразива, компрессора, шланга и пневмопистолеты (рис. 1.9).

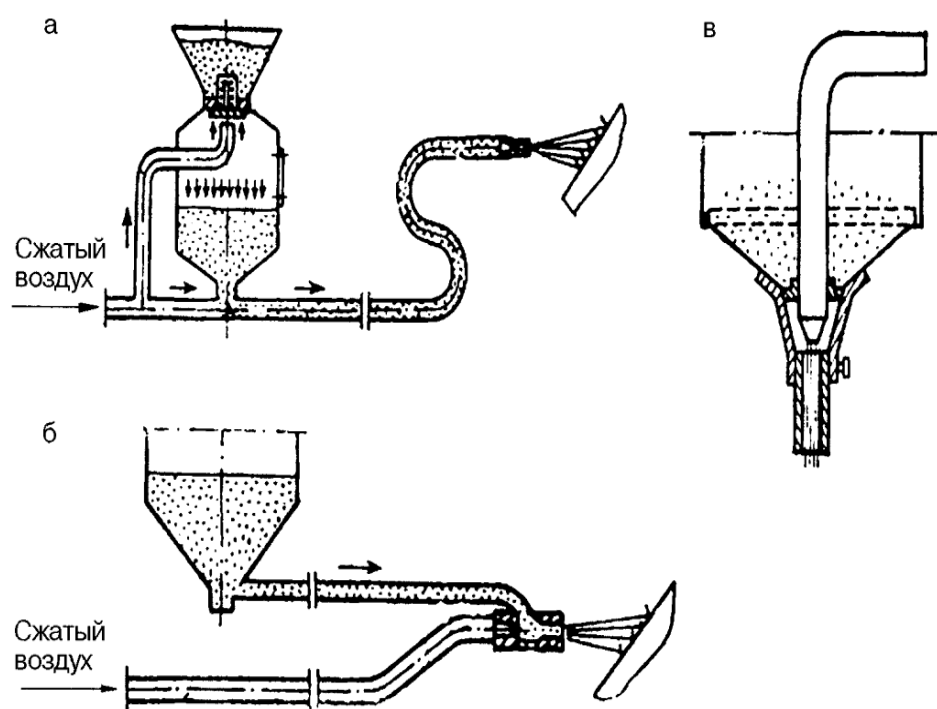


1 - крышка; 2 - сито; 3 - люк; 4 - конус; 5 - запорное кольцо; 6 - сопло; 7 - соплодержатель; 8 - песчаный затвор; 9 - смесительный тройник; 10 - рукав; 11 - колеса; 12 - воздушный клапан; 13 - спускной клапан; 14 - вводный клапан; 15 - манометр; 16 - воздушное соединение; 17 - быстроразъемное соединение.

Рисунок 1.9 – Аппарат для пескоструйной очистки

Пескоструйная очистка наиболее эффективный способ удаления консервационных материалов и продуктов коррозии. Сам процесс сводится к бомбардировке поверхностей кварцевым или металлическим песком.

Для очистки железнодорожных цистерн, наземных нефтехранилищ широко применяют установки дробеструйной обработки. Такие устройства можно классифицировать по типу подачи абразивного материала к струйной головке на всасывающего действия, нагнетательного и гравитационного [15, 78].



а) - нагнетательного действия, б) - всасывающего действия, в) - гравитационного действия

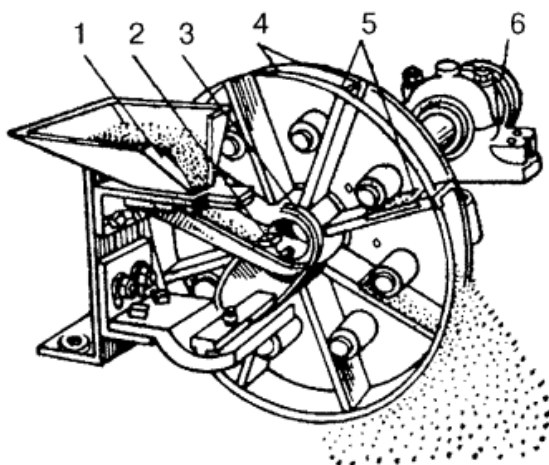
Рисунок 1.10 – Дробеструйные установки

Принцип действия нагнетательных установок (рис. 1.10. а) основан на смешивании и транспортировки абразивного материала с потоком сжатого воздуха, что приводит к увеличению кинетической энергии абразивных частиц и эффективности их взаимодействия с поверхностью обрабатываемой детали. Отличием данного способа является высокая производительность, применение сложного оборудования, не большой ресурс трубопроводов и распылительного сопла.

В установках всасывающего действия (рис. 1.10. б) смесительная камера расположена в распылительной головке. Компрессор по шлангу подает сжатый воздух в эжектор, где струя воздуха создает разрежение и увлекает абразивный материал из бункера в сопло. Устройству таких установок проще нагнетательных, при эксплуатации наблюдается меньший износ сопла, однако производительность не превышает $2-4 \text{ м}^3/\text{час}$.

Установки гравитационного действия (рис. 10. в) обладают более тяжелой частью распылительного пистолета, так как на нем крепится бункер с абразивным материалом. Сама конструкция установки имеет более простую конструкцию, что позволяет абразивный материал самотеком к соплу, а смешивание со струей воздуха происходит на выходе из сопла, как и у всасывающих установок [15, 72, 83].

К механическому принципу действия можно отнести дробемётную установку (рис. 1.11).



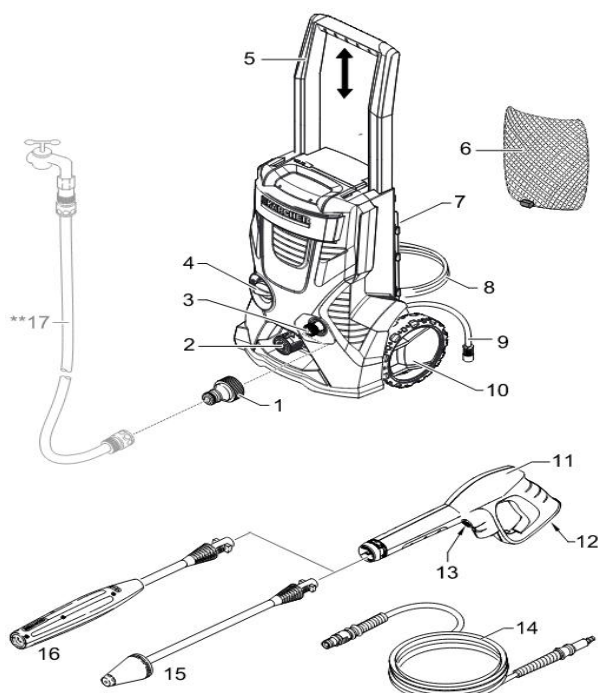
1 - емкость загрузочная; 2 - турбинка; 3 - ротационный рабочий орган; 4 - диски; 5 - лопасти; 6 - электропривод

Рисунок 1.11 – Дробемётная установка

Она предназначена для очистки окалины и ржавчины от поверхностей с толщиной стенки более 5 мм. Принцип работы основан на том, что дробь из загрузочной емкости 1 подается через турбинку (импеллер) 2 на лопасти 5 рабочего органа 3, которыми с большой скоростью выбрасывается на

обрабатываемую поверхность, при этом дробь оказывает скалывающее и абразивное воздействие. Существенным недостатком является необходимость подачи деталей в зону бомбардировки, массивность и сложность конструкции [12, 20].

Частичное уменьшение запыленности рабочей зоны оператора достигается путем использования гидроструйной (рис. 1.12) или гидроабразивной очистки.



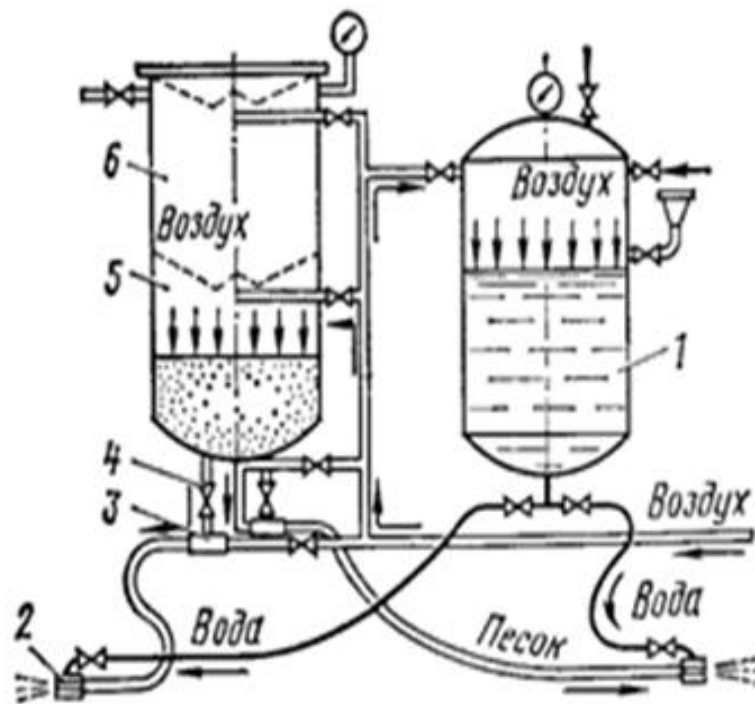
1 - штуцер; 2 - быстроразъемное соединение; 3 - переходник со встроенным сетчатым фильтром; 4 - выключатель; 5 - рукоятка; 6 - сетка для принадлежностей; 7 - место хранения принадлежностей; 8 - сетевой кабель; 9 - всасывающий шланг; 10 - транспортировочное колесо; 11 - ручной пистолет-распылитель; 12 - блокировка пистолета-распылителя; 13 - кнопка для отсоединения шланга от пистолета распылителя; 14 - шланг высокого давления; 15 - струйная трубка с фрезой; 16 - струйная трубка; 17 - шланг подачи воды.

Рисунок 1.12 – Мобильная моечная установка

Гидроструйный способ используется для очистки сложных пространственных поверхностей и основан на воздействии струи высокой

кинетической энергии жидкости. Данный способ позволяет удалять поверхностные загрязнения и консервационные материалы любой физической природы. Гидроструйный способ очистки реализован в мобильных мойках высокого давления (рис. 1.12) [3, 5, 6, 22, 23, 26, 27, 31, 39, 46, 47, 48, 52, 62, 69, 82].

Для повышения эффективности удаления сильно связанных загрязнений, консервационных материалов в водную струю вводят абразивные частицы. Гидроабразивная очистка более эффективна, чем гидроструйная, но применяемое оборудование более сложное и обладает меньшей мобильностью (рис. 1.13) [7, 15, 16, 18, 47, 51, 66, 70, 72, 83, 86, 99].



1 - аккумулятор воды; 2 - сопло; 3 - смеситель; 4 - вентиль; 5, 6 - камера для песка

Рисунок 1.13 – Схема установки гидроабразивного аппарата

Гидроабразивные установки имеют различные конструкции ускорителей движения водной струи, способы подачи к соплу, технологии подготовки водных суспензии, абразивных материалов. Применяется в

основном при небольшом объеме работ, имеют низкую производительность и непостоянство состава рабочей водно-абразивной суспензии.

Так же применение этих аппаратов связано с возникновением дополнительных коррозионных поражений в стыковых сварных соединениях, поэтому требуется дополнительная пассивация их поверхности при промывке изделий или добавление в водно-абразивную суспензию ингибиторов коррозии [19, 34, 36, 61, 63, 68, 88, 98].

Ниже в таблице 1.2 приведены данные по степени очистки поверхности сварных стыковых соединений СХТ с применением вышеописанных способов очистки [12, 14, 15, 71].

Таблица 1.2 – Показатели степени очистки поверхности стыковых сварных соединений зерноуборочного комбайна Дон - 1500Б

№ п/п	Способы наружной очистки	Применяемое оборудование	Остаток консервационного материала на поверхности соединения после очистки	
			Стыковое %	Сварное %
1	2	3	4	5
1.	Ручная очистка	Ручная проволочная щётка, шпатель, скребок	36	41
2.	Очистка механизированным инструментом	Зачистные молотки с электро или пневмоприводом, игольчатые пистолеты	25	28
3.	Воздушно-абразивная очистка	Дробеструйные, пескоструйные аппараты	14	18
4.	Гидроструйная очистка	Передвижная моечная установка высокого давления	17	19
5.	Гидроабразивная очистка	Гидроабразивные аппараты	12	14

Анализ проведенных исследований показал, что применяемые на сегодняшний день способы удаления консервационного материала со стыковых сварных соединений при снятии с хранения СХТ не дают возможность достичь должного качества очистки. Наиболее перспективным

является способ комплексного применения струйного воздействия абразива и механического воздействия щеток. Этот способ очистки поверхности стыковых сварных соединений СХТ основан на комбинированном применении щеток различной жесткости и воздушно-абразивной струи, где в качестве рабочего материала могут выступать древесные опилки, ранее хорошо зарекомендовавшие себя в различных способах очистки и обладающие хорошей вяжущей способностью к очищаемому материалу [10, 20, 84, 100].

1.5. Постановка научной проблемы, цель и задачи исследования

По истечении сезонного хранения для ввода СХТ в эксплуатацию проводится ее расконсервация. В процессе расконсервации происходит удаление защитных консервационных составов с поверхности сварных стыковых соединений СХТ. Используемые консервационные покрытия в конце срока хранения обладают рядом свойств, затрудняющих их удаление, не говоря уже об очагах коррозии, находящихся под ними.

Если при расконсервации техники не удалить полностью консервационный материал, то в процессе эксплуатации на нем будет скапливаться пыль и грязь. В результате под воздействием внешних факторов консервационный материал теряет свои защитные свойства, а в соединении с загрязнениями является серьезным источником концентрации коррозии СХТ.

В связи с этим, существует потребность в разработке высокоэффективных процессов очистки и универсальных устройств, обеспечивающих качественное удаление консервационного материала с минимальными материальными и трудовыми затратами.

Анализ проведенных исследований показал, что применяемые на сегодняшний день способы удаления консервационного материала со стыковых и сварных соединений при снятии с хранения СХТ не дают

возможность достичь должного качества очистки. Анализ конструкций и принципа работы существующих устройств выявил, что они обладают низкой степенью очистки обрабатываемой поверхности, высокой трудоемкостью процесса, приводят к повреждению лакокрасочного покрытия деталей, загрязнению окружающей среды.

Наиболее перспективным является способ комплексного применения струйного воздействия абразива и механического воздействия щеток. Этот способ очистки поверхности основан на комбинированном применении щеток различной жесткости и воздушно-абразивной струи, где в качестве рабочего материала могут выступать древесные опилки, ранее хорошо зарекомендовавшие себя в различных способах очистки и обладающие хорошей вяжущей способностью к очищаемому материалу.

Целью настоящей работы является совершенствование процесса очистки от консервационных материалов СХТ.

В соответствии с поставленной целью были определены задачи исследований:

1. Предложить схему устройства механической очистки СХТ;
2. Теоретически обосновать параметры разработанного устройства механической очистки СХТ;
3. Экспериментально уточнить параметры устройства механической очистки СХТ;
4. Определить экономический эффект от применения разработанного устройства механической очистки СХТ.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ УСТРОЙСТВА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ НА ПОВЕРХНОСТЬ СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

2.1 Конструкция устройства механической очистки СХТ от консервационного материала

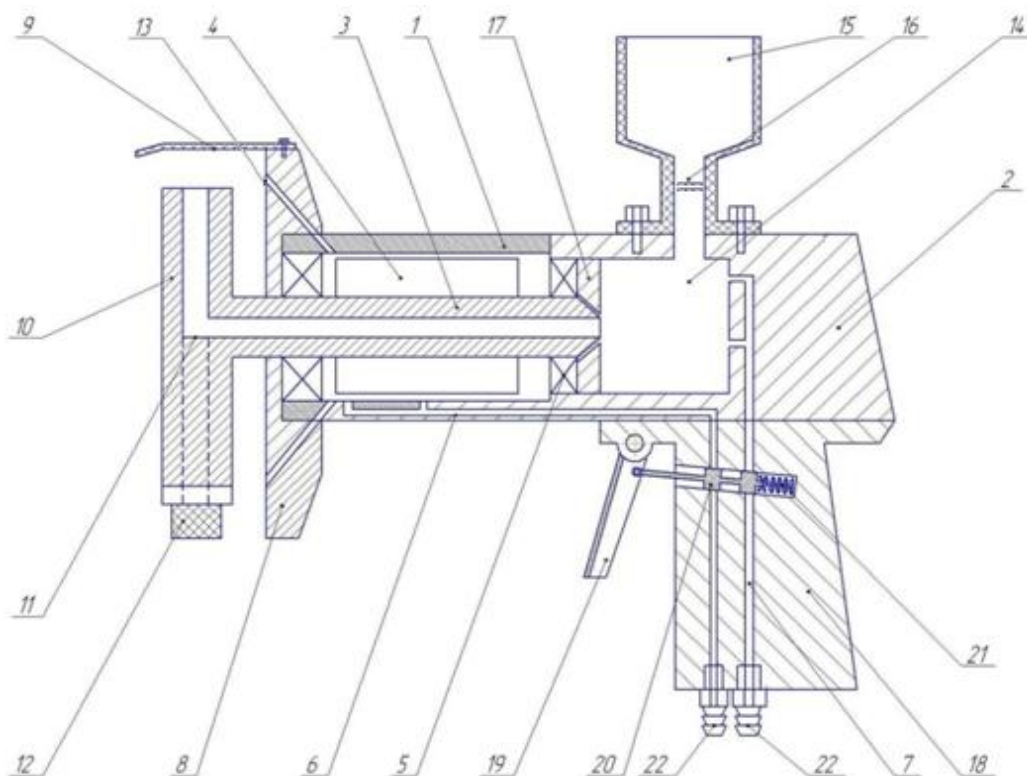
Сельскохозяйственная техника в период длительного хранения на открытых площадках подвержена активному воздействию разрушающих климатических факторов. Для снижения скорости коррозионного разрушения стыковых сварных соединений и прекращения доступа к ним воды и воздуха применяют различные консервационные составы. В процессе хранения в условиях открытой атмосферы под воздействием внешних факторов консервационные составы разрушаются, что приводит к обратному эффекту: влага и загрязнения, проникающие под консервант, способствуют резкому возрастанию коррозионного разрушения. Таким образом, большое значение имеет очистка СХТ от консерванта в процессе снятия их с хранения [21, 80].

Учитывая это условие, предложено новое научно-обоснованное техническое решение устройства механической очистки СХТ (патент РФ на полезную модель №115250), обеспечивающее высокую степень очистки стыковых сварных соединений от консервационного материала.

Особенностью разработанного устройства является его универсальность и возможность очистки труднодоступных соединений СХТ (рис. 2.1).

«Устройство для механической очистки деталей содержит корпус 1 с крышкой 2, ротор 3 с лопатками 4, с возможностью вращения в закрытых подшипниках 5 от струи воздушного потока, выходящего из сопла 6 выполненных в корпусе по касательной в его внутренней поверхности, через сообщающую камеру 7. В передней части корпуса 1 выполнен защитный барабан 8, к верхней части которого закреплен защитный кожух 9, в передней

части ротора 3 выполнен защитный барабан 8, к верхней части которого закреплен защитный кожух 9, в передней части ротора 3 выполнен барабан 10, в котором проходят радиальные отверстия 11 и по его кругу встроены сменные щетки 12, к которым обращены сопла 13, в крышке 2 выполнена смесительная камера 14 и сверху присоединена емкостью для абразивного материала 15, подача которого в смесительную камеру 14 регулируется с помощью заслонки 16, между корпусом 1 и крышкой 2, выполнена защитная прокладка 17, крышка 2 снабжена рукояткой 18, через которую проходят сообщающие камеры 7, на которой закреплен рычаг 19 с прерывателем 20 и пружиной 21, проходящих через эти камеры и вкручены в них два штуцера 22» [43].



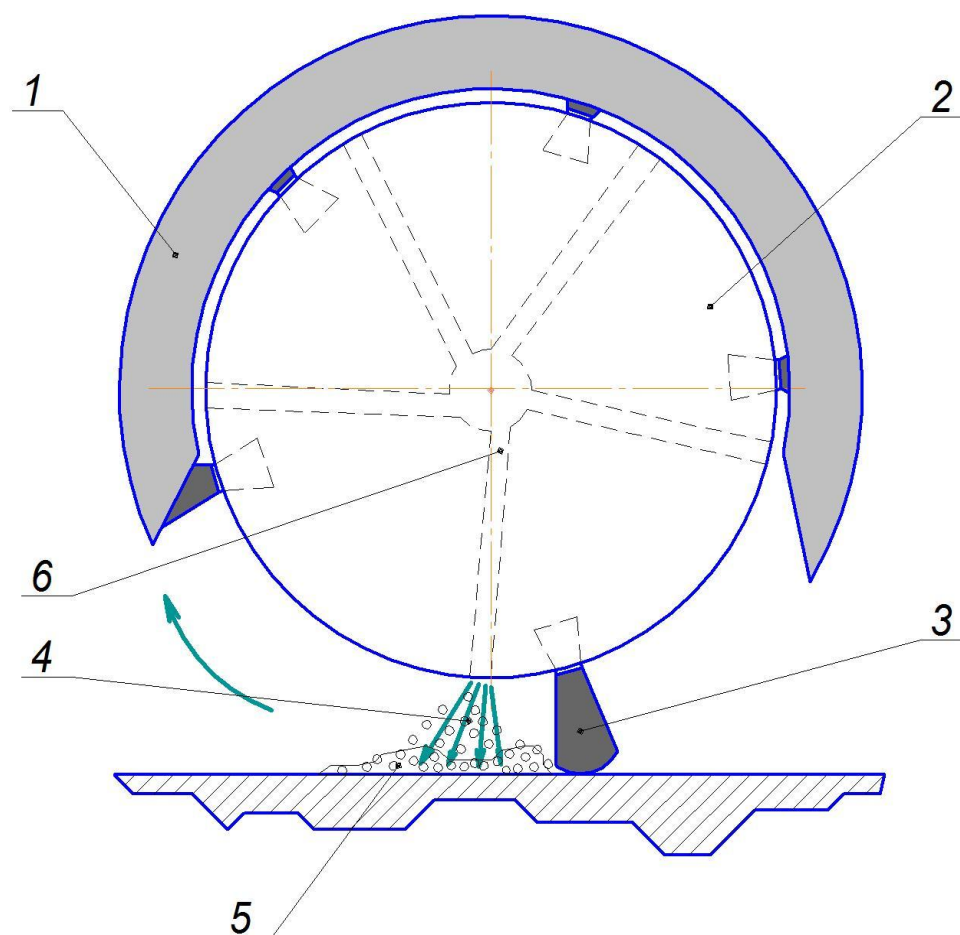
1 - корпус; 2 - крышка; 3 - ротор; 4 - лопатки; 5 - подшипники; 6 - сопло; 7 - сообщающая камера; 8 - защитный барабан; 9 - защитный кожух; 10 - барабан; 11 - радиальные отверстия; 12 - сменные щетки; 13 - сопла; 14 - смесительная камера; 15 - емкость для абразивного материала; 16 - заслонка; 17 - защитная прокладка; 18 - рукоятка; 19 - рычаг; 20 - прерыватель; 21 - пружина; 22 - штуцер

Рисунок 2.1 – Общий вид устройства механической очистки СХТ (Патент РФ на полезную модель № 115250 (Приложение 1))

«Работа устройства для механической очистки деталей осуществляется следующим образом. В штуцер 22 подается сухой сжатый воздух без примеси смазки. При нажатии на рычаг 19 срабатывает прерыватель 20 с пружиной 21 для прохождения сжатого воздуха через сообщающую камеру 7 и сопла 6 во внутреннюю полость корпуса 1, в нем возникает вихревой воздушный поток, который взаимодействуя с лопатками 4 ротора 3, приводит его во вращение. Ротор 3 может вращаться непрерывно, а скорость вращения может регулироваться пневмодроссером размещенного на входе штуцера 22. Далее, когда деталь готова к очистке, подается сжатый воздух во внутреннюю полость корпуса 1, за счет вихревого потока действующего на лопасти 4 ротора 3 приводит в движение барабан 10, в который встроены сменные щетки 12, взаимодействующие с очищаемой поверхностью детали, к которым обращены сопла 13 для выхода отработанного воздуха. Для очистки поверхности детали от консервационного материала в штуцер 22 подается сухой сжатый воздух без примеси смазки. При нажатии на рычаг 19, срабатывает прерыватель 20 с пружиной 21 для прохождения сжатого воздуха через сообщающую камеру 7 смесительную камеру 14, в емкости 15 для абразивного материала открывается заслонка 16, абразив перемешивается с воздухом и образуется абразивная смесь, которая под давлением поступает во внутренний канал ротора 3 и перемещается вдоль его оси, проходит через радиальные отверстия 11 в барабане 10 и на выходе взаимодействует, как с консервационным материалом на поверхности детали, так и самими щетками» [43].

Для удаления старых лакокрасочных материалов с поверхности деталей применяются металлические щетки. Пластиковые щетки используются для очистки деталей СХТ от защитных материалов.

Сухие древесные опилки применяются в качестве абразивного материала, которые выполняют ударное воздействие на поверхность консерванта, разрушая его (связывание частиц консерванта и его уплотнение), а также очистку самих щеток (рис. 2.2) [21, 45].



1 - защитный кожух; 2 - барабан; 3 - рабочие щетки; 4 - воздушно-абразивная струя, 5 - консервационный материал на поверхности стыковых сварных соединений СХТ; 6 - пневматические каналы

Рисунок 2.2 – Взаимодействие воздушно-абразивной струи, «как с консервационным материалом на поверхности стыковых сварных соединений СХТ, так и самими щетками» [43]

Внутри барабана 2 имеются пневматические каналы 6 для подачи абразивного материала в зону действия рабочих щеток 3. Часть выходов пневматических каналов 6 закрыта защитным кожухом 1, поэтому при вращении барабана 2 воздушно-абразивная струя 4 направлена на поверхности стыковых сварных соединений СХТ. Абразивный материал внедряется в консервационный материал 5 и снимается рабочими щетками 3 барабана 2.

На разработанное устройство получен патент на полезную модель № 115250 «Устройство для механической очистки деталей» (Приложение 1) [43].

Использование данного «устройства позволит повысить качество очистки стыковых сварных соединений СХТ и усовершенствовать технологический процесс» [43] расконсервации.

2.2 Теоретические исследования движения абразивных частиц в канале устройства механической очистки СХТ

Составление расчетной схемы:

Представим общую схему движения абразивного материала в канале механического устройства очистки СХТ (рис. 2.3).

Разобьем общую схему на три участка и рассмотрим физические силы, действующие на абразивную частицу.

Использование движения на участке AB .

Рассмотрим движение абразивного материала на участке AB . Выберем начало отсчета в точке A и направим ось Ox в сторону движения (рис. 2.4), при начальных условиях: $t = 0$, $x = 0$, $V_x = V$.

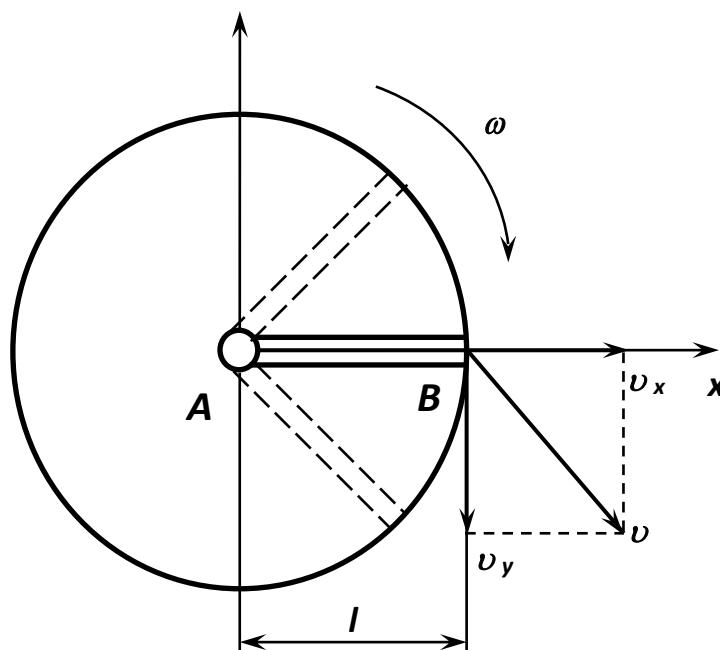


Рисунок 2.3 – Общая схема движения абразивного материала в канале

Изображаем в произвольном положении частицу абразивного материала и действующие на нее силы:

где F_{mp} - сил трения абразивного материала;

G - вес абразивной части;

N - сила нормального давления на стенку канала;

R - сила действия воздушного потока.

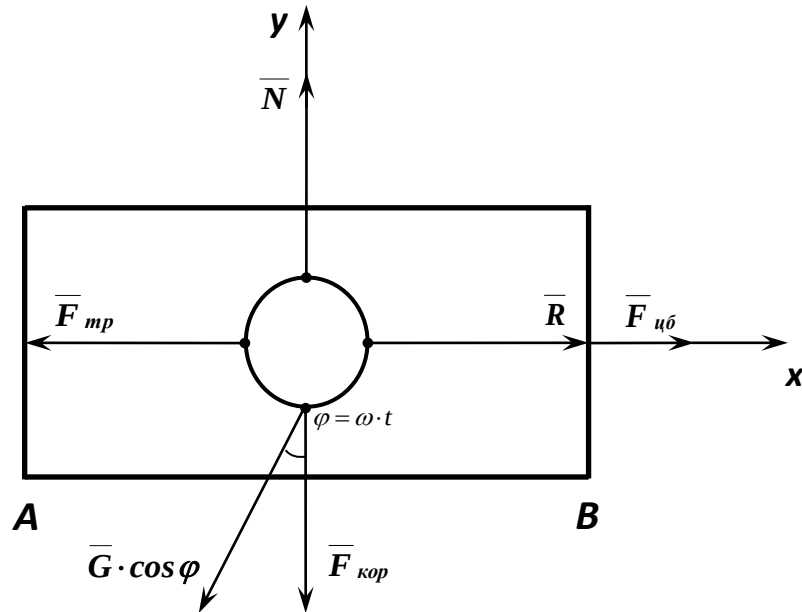


Рисунок 2.4 – Схема определения воздействия сил на абразивный материал при движении в канале на участке AB

Составляем дифференциальное уравнение движения абразивной частицы в проекции на подвижные оси координат XOY :

$$\begin{cases} m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} = R + F_{уб} - F_{mp} \\ m \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} = N - G \cdot \cos(\omega \cdot t) - F_{кор} \end{cases}, \quad (2.1)$$

Заменим силы входящие в уравнение их значениями.

Сила действия воздушного потока:

$$R = k \cdot \rho_{\text{в}} \cdot S \cdot (V_{\text{в}} - 0)^2, \quad (2.2)$$

где k - коэффициент сопротивления воздушного потока;

$\rho_{\text{в}}$ - плотность воздуха, кг/м^3 ;

S - площадь проекции абразивной части на плоскость перпендикулярную направлению воздушного потока, м^2 ;

V_θ - скорость воздушного потока, м/с .

Сила Кориолиса определяем выражением:

$$F_{\text{кор}} = m \cdot 2\omega \cdot V, \quad (2.3)$$

Проекция силы Кориолиса на ось OY будет:

$$F_{\text{кор}} = m \cdot 2\omega \cdot V_\theta, \quad (2.4)$$

Центробежная сила абразивной частицы:

$$F_{\text{цб}} = m \cdot \omega^2 x, \quad (2.5)$$

Тогда с учетом выражений (2.2, 2.4, 2.5) дифференциальное уравнение запишется в виде:

$$\begin{cases} \frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{k \cdot \rho_B \cdot S}{m} \cdot V_\theta^2 + \omega^2 x - \frac{f \cdot N}{m} \\ \frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{N}{m} - g \cdot \cos(\omega \cdot t) - 2\omega \cdot V_y \cdot \sin(\omega \cdot t) \end{cases}, \quad (2.6)$$

Массу частицы определим с учетом круглой формы по формуле:

$$m = \frac{4}{3} \pi d^3 \cdot \lambda, \quad (2.7)$$

С учетом выражения (2.7) дифференциальное уравнение запишем в виде:

$$\begin{cases} \frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{3k \cdot \rho_B \cdot S}{4\pi d^3 \cdot \lambda} \cdot V_\theta^2 + \omega^2 \cdot x - \frac{3}{4} \cdot \frac{fN}{\pi d^3 \cdot \lambda} \\ \frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{3N}{4\pi d^3 \cdot \lambda} - g \cdot \cos(\omega \cdot t) - 2\omega \cdot V_y \cdot \sin(\omega \cdot t) \end{cases}, \quad (2.8)$$

В результате интегрированию выражения (2.8) получаем:

$$\begin{aligned} x(t) = & \frac{3(\rho_B \cdot S \cdot U_\theta^2 - f \cdot N)}{4\pi \cdot d^3 \cdot \gamma \cdot 2\omega^4 \cdot 2(\omega^2)^2} \cdot e^{\omega^2 t} + \frac{3(\rho_B \cdot S \cdot U_\theta^2 - f \cdot N)}{4\pi \cdot d^3 \cdot \gamma \cdot \omega^4 \cdot 2(\omega^2)^2} \cdot e^{-\omega^2 t} - \\ & - \frac{3(\rho_B \cdot S \cdot U_\theta^2 - f \cdot N)}{4\pi \cdot d^3 \cdot \gamma \cdot \omega^4 \cdot (\omega^2)^2} + C_1, \end{aligned} \quad (2.9)$$

Продифференцировав, получим:

$$V_x = \omega^2 \cdot \frac{3(\rho_B \cdot S \cdot U_{\theta}^2 - f \cdot N)}{4\pi \cdot d^3 \cdot \gamma \cdot 2\omega^4 \cdot 2(\omega^2)^2} \cdot e^{\omega^2 \cdot t} - \omega^2 \cdot \frac{3(\rho_B \cdot S \cdot U_{\theta}^2 - f \cdot N)}{4\pi \cdot d^3 \cdot \gamma \cdot \omega^4 \cdot 2(\omega^2)^2} \cdot e^{-\omega^2 \cdot t}, \quad (2.10)$$

В результате интегрированию выражения (2.8) получаем:

$$\begin{aligned} y(t) = & -\frac{3N}{4\pi \cdot d^3 \cdot \rho_{a\theta} \cdot (2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t))^2} \cdot e^{2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot t} + \frac{\omega \cdot g \cdot e^{2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot t}}{\omega^2 + 1} \cdot \\ & \cdot \frac{\sin \omega \cdot t}{2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t)} + \frac{\cos \omega \cdot t}{\omega} + \frac{3N}{4\pi \cdot d^3 \cdot \rho_{a\theta} \cdot (2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t))} \cdot t - \\ & - \frac{g}{\omega \cdot 2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t)} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot e^{2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot t}, \end{aligned} \quad (2.11)$$

Продифференцируем и найдем составляющую скорости при начальных условиях: $t = 0$; $y_0 = 0$; $V_{y_0} = 0$:

$$\begin{aligned} V_{y_0} = & -\frac{3N}{4\pi \cdot d^3 \cdot \rho_{a\theta} \cdot (2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t))} \cdot e^{2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot t} + \frac{2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \omega \cdot g \cdot e^{2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot t}}{\omega^2 + 1} \cdot \\ & \cdot \left(\frac{\sin \omega \cdot t}{2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t)} + \frac{\cos \omega \cdot t}{\omega} \right) + \frac{\omega \cdot g \cdot e^{2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot t}}{\omega^2 + 1} \cdot \left(\frac{\omega \cdot \cos \omega \cdot t}{\omega} - \sin \omega \cdot t \right) + \\ & + \left(\frac{3N}{4\pi \cdot d^3 \cdot \rho_{a\theta} \cdot (2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t))} - \frac{g}{2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t)} \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot e^{2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot t} + \right. \\ & + 2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \left(\frac{3N}{4\pi \cdot d^3 \cdot \rho_{a\theta} \cdot (2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t))} \cdot t - \frac{g}{\omega \cdot 2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t)} \cdot \sin(\omega \cdot t) + \right. \\ & \left. \left. \frac{g}{(2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t))^2} - \frac{g}{\omega^2 + 1} - \frac{\omega^2 \cdot g}{(2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t))^2 \cdot (\omega^2 + 1)} \right) \right) \cdot e^{2\omega \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot t} \end{aligned} \quad (2.12)$$

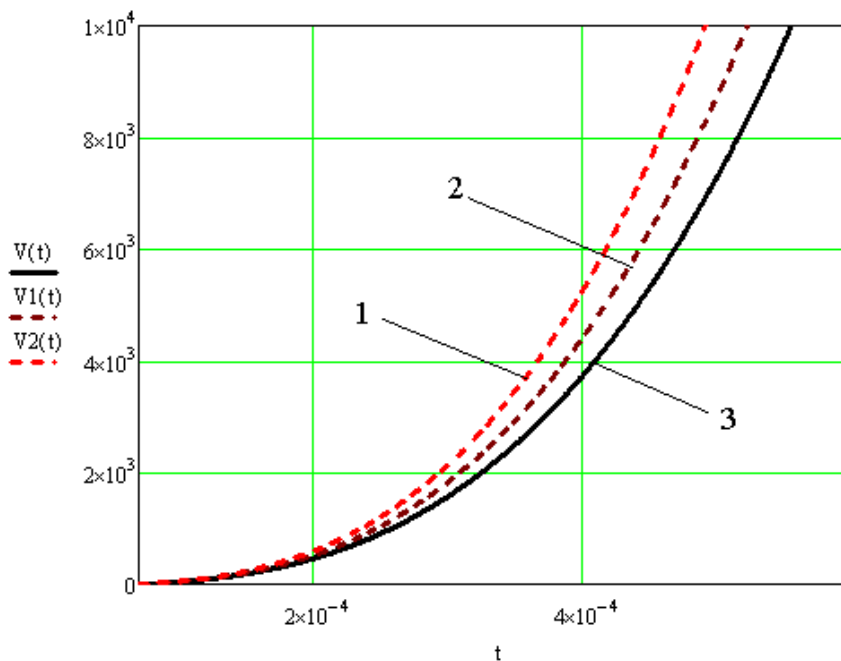
Абсолютная скорость абразивных частиц во вращающемся канале определится выражением:

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}, \quad (2.13)$$

На основании полученных выражений (2.10), (2.12), (2.13) в программе Mathcad 14 был построен график изменения скорости воздушного потока от времени нахождения во вращающемся канале (рис. 2.5).

Анализ рисунка 2.5 показал, что скорость абразивных частиц зависит от скорости воздушного потока, а также от времени нахождения во вращающемся канале. Разгон абразивных частиц до скорости воздушного

потока происходит за достаточно короткое времени, то есть время нахождения в канале, где мы можем увидеть, что достижение максимального значения 10 м/с, соответствует времени $5,2 \cdot 10^{-4}$ с, то есть, если умножить на среднюю скорость воздушного потока, то время разгона будет меньше длины данного канала.



1 - скорость абразивных частиц при скорости воздушного потока - 10 м/с; 2 - скорость абразивных частиц при скорости воздушного потока - 8 м/с; 3 - скорость абразивных частиц при скорости воздушного потока - 6 м/с

Рисунок 2.5 – Зависимость изменения скорости воздушного потока от времени нахождения абразивных частиц во вращающемся канале устройства механической очистки СХТ [21]

Таким образом, в результате нами было выявлено, что скорость абразивных частиц зависит от скорости воздуха в канале, частоты вращения канала, то есть центробежных сил и массы самих частиц, учитывая, что наиболее значимым фактором будет скорость движения воздуха в канале, нами определено время разгона частиц до скорости воздушного потока. При скорости воздушного потока 6 м/с время разгона частиц составляет $5,8 \cdot 10^{-4}$

с, при скорости воздушного потока 8 м/с - время разгона частиц $5,5 \cdot 10^{-4}$ с и при скорости воздушного потока 10 м/с - время разгона частиц $5,2 \cdot 10^{-4}$ с.

2.3 Теоретические исследования очистки от консервационного материала СХТ с использованием воздушно-абразивной струи

«Рассмотрим процесса воздействия воздушно-абразивной струи с консервационным материалом.

Определим кинетическую энергию, потерянной на удар, во время удара о не подвижную поверхность.

Кинетическая энергия до удара будет определяться:

$$T_0 = \frac{m_1 \cdot g_1^2}{2}, \quad (2.14)$$

где m_1 - масса абразива;

g_1 - скорость воздушно-абразивной струи.

Кинетическая энергия после удара будет определяться:

$$T = \frac{m_1 \cdot U_1^2}{2} + \frac{m_2 \cdot U_2^2}{2}, \quad (2.15)$$

где U_1 - скорость воздушно-абразивной струи после удара;

U_2 - скорость частиц консервационного материала;

m_2 - масса удаляемого консервационного материала» [21].

Определяем кинетическую энергию, потерянную на удар:

$$T - T_0 = \frac{m_1}{2} (g_1^2 - U_1^2) - \frac{m_2}{2} \cdot U_2^2 = \frac{1}{2}, \quad (2.16)$$

Так как импульс системы будет равен:

$$S = m_2 \cdot U_2, \quad (2.17)$$

Поэтому:

$$T_0 - T = \frac{S}{2} \cdot [g_1 - (U_2 - U_1)], \quad (2.18)$$

где T_0 - кинетическая энергия до удара;

T - кинетическая энергия после удара;

k - коэффициент восстановления системы.

Обозначим коэффициент восстановления системы [21, 31]:

$$k = \frac{U_2 - U_1}{g_1}, \quad (2.19)$$

Получаем:

$$T_0 - T = \frac{m_1 \cdot m_2}{2(m_1 + m_2)} \cdot (1 - k) \cdot g_1^2, \quad (2.20)$$

Для того чтобы происходило разрушение частицы консервационного материала изменение кинетической энергии после удара должно быть равно работе разрушения [21, 31]:

$$A_{раз} = T_0 - T, \quad (2.21)$$

Работа разрушения частиц консервационного материала будет равна:

$$A_{раз} = F_n \cdot w, \quad (2.22)$$

где F_n - нормальная составляющая усилия воздушно-абразивной струи;

w - вертикальные перемещения любой точки плоскости ограничивающей полупространство.

Возникающие максимальные сдвигающие напряжения в любой точке, можно определить на основе решения уравнения Ж. Бусиннеска для случая сжатия грунтового полупространства, которое возможно применить и для разрушения консервационного материала [21, 31].

$$w = \frac{F_n}{\pi \cdot C_0 \cdot R}, \quad (2.23)$$

где « C_0 - коэффициент линейно-деформированного полупространства;

R - расстояние от точки контакта частицы консервационного материала с поверхностью детали, в этой точке возникают максимальные сдвигающие напряжения» [21].

$$C_0 = \frac{E}{1 - \mu^2}, \quad (2.24)$$

где E - модуль общей деформации консервационного материала;

μ - коэффициент Пуассона консервационного материала.

В идеальном случае полностью удаляется консервационный материал:

$$R = \frac{h}{\cos \theta}, \quad (2.25)$$

где h - толщина консервационного материала;

θ - угол когезионных связей консервационного материала.

Приняв $\theta = \varphi$ - углу внутреннего трения консервационного материала, получим работу разрушения частицы консервационного материала:

$$A_{раз} = F_n \cdot \frac{F_n}{\pi \cdot C_0 \cdot R} = \frac{F_n^2 \cdot \cos \varphi}{\pi \cdot C_0 \cdot h}, \quad (2.26)$$

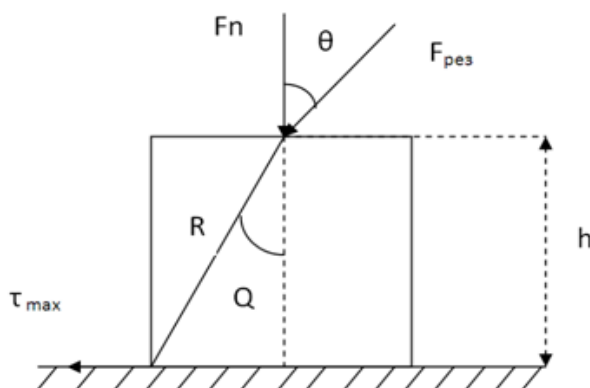


Рисунок 2.6 – Взаимодействие воздушно-абразивной струи с консервационным материалом

Определяем нормальную составляющую усилия воздушно-абразивной струи (рис. 2.6):

$$F_n = F_{раз} \cdot \cos \varphi, \quad (2.27)$$

И результирующее усилие воздушно-абразивной струи (рис.2.6):

$$F_{раз} = P \cdot \frac{\pi \cdot d_{\kappa}^2}{4}, \quad (2.28)$$

где P - давление подачи воздуха;

d_{κ} - диаметр канала подачи воздушно-абразивной струи.

$$A_{раз} = \frac{F_{раз}^2 \cdot \cos^3 \varphi}{\pi \cdot C_0 \cdot h} = \frac{\left(P \cdot \frac{\pi \cdot d_{\kappa}^2}{4} \right) \cdot \cos^3 \varphi}{\pi \cdot C_0 \cdot h} = \frac{P^2 \cdot \pi^2 \cdot d_{\kappa}^4 \cdot \cos^3 \varphi}{16 \cdot C_0 \cdot h}, \quad (2.29)$$

Приравняем уравнения (2.29) и (2.16):

$$\frac{P^2 \cdot \pi^2 \cdot d_{\kappa}^4 \cdot \cos^3 \varphi}{16 \cdot C_0 \cdot h} = \frac{m_1 \cdot m_2}{2(m_1 + m_2)} \cdot (1 - k^2) g_1^2, \quad (2.30)$$

Определим из выражения (2.30) необходимую скорость подачи воздушно-абразивной струи [21, 80]:

$$g_1 \geq \sqrt{\frac{P^2 \cdot \pi^2 \cdot d_{\kappa}^4 \cdot \cos^3 \varphi \cdot 2(m_1 + m_2)}{16 \cdot C_0 \cdot h \cdot m_1 \cdot m_2 (1 - k^2)}}, \quad (2.31)$$

$$g_1 \geq 0,62 \cdot P \cdot d_{\kappa}^2 \sqrt{\frac{(m_1 + m_2) \cdot \cos^3 \varphi}{C_0 \cdot h \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot (1 - k^2)}}, \quad (2.32)$$

Анализируя полученное выражение, можно заключить, что скорость воздушно-абразивной струи зависит от геометрических размеров механического устройства очистки СХТ и физико-механических характеристик консервационного материала.

2.4 Теоретические исследования воздействия щетки на консервационный материал

«Тангенциальная сила сдвига консервационного материала F_{τ} равна сумме сил сопротивления $F_{сопр}$ и трения $F_{тр}$:

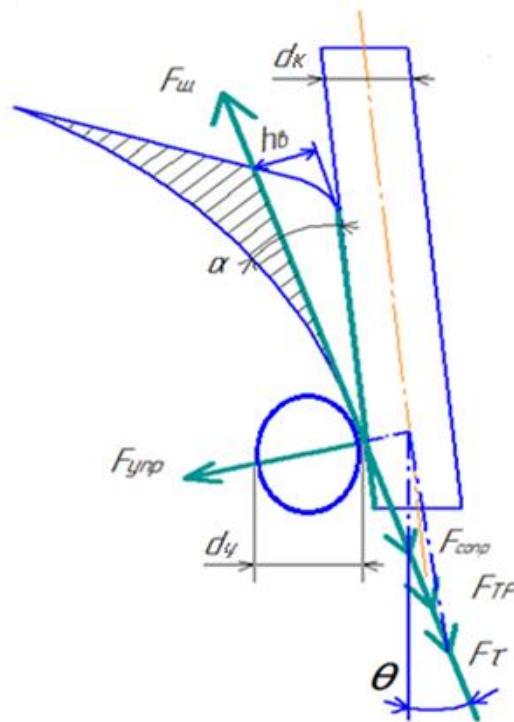
$$F_{\tau} = F_{сопр} + F_{тр}, \quad (2.33)$$

где $F_{сопр}$ - сила сопротивления сдвигу консервационного материала, Н;

$F_{тр}$ - сила трения куста щетки, Н» [17].

«С помощью известных прочностных зависимостей определим силу сопротивления сдвигу $F_{сопр}$ (рис. 2.7), которую необходимо преодолеть кусту

щетке для разрушения когезионных связей между агрегатами консервационного материала:



d_{κ} - диаметр куста щетки; d_{χ} - диаметр частицы консервационного материала; $F_{ш}$ - окружная сила куста щетки; $h_{в}$ - глубина внедрения куста щетки; F_{τ} - тангенциальная сила сдвига консервационного материала; $F_{сop}$ - сила сопротивления сдвигу консервационного материала; $F_{тр}$ - сила трения куста щетки; α - угол разрушения когезионных связей между агрегатами консервационного материала

Рисунок 2.7 – Схема действия сил на куста щетки при взаимодействии с консервационным материалом

$$F_{сop} = \frac{\tau \cdot \pi \cdot d_{\kappa}}{\sin 2\alpha} \cdot \left(\frac{h_{в}}{\cos(\theta + \psi')} - \frac{d_{\kappa}}{2tg(\theta + \psi')} \right), \quad (2.34)$$

где τ - сопротивление сдвигу, Н/мм²;

d_{κ} - диаметр куста щетки, мм;

$h_{в}$ - глубина внедрения куста щетки, мм;

θ - угол прогиба куста щетки, градус;

ψ' - угол наклона куста щетки, градус;

α - угол разрушения когезионных связей между агрегатами консервационного материала, градус» [17].

Установлено, что при «вращении щетки в начале контакта куст щетки изгибается и под действием силы внедряется в консервационный материал и вызывает его разрушение (рис. 2.7). Изогнутый во время контакта куста щетки стремится восстановить свою первоначальную форму и при выходе из зоны контакта выпрямляется, вынося с собой элементы консервационного материала, связь которых с основным массивом нарушена. В дальнейшем при увеличении числа активно действующих кустов щетки связь между элементами постепенно разрушается и происходит отделение» [17] консервационного материала от поверхности стыкового сварного соединения СХТ.

«Значение силы трения F_{mp} определяется по выражению:

$$F_{mp} = \frac{2E \cdot I \cdot \operatorname{tg}(\theta + \psi')}{L_k^2} f_1, \quad (2.35)$$

где E - модуль упругости куста щетки, Н/мм²;

I - момент инерции сечения куста щетки, мм⁴;

L_k - длина куста щетки, мм;

f_1 - коэффициент трения куста щетки» [17].

«Тангенциальная сила сдвига загрязнений F_τ с учетом уравнений (2.33), (2.34), (2.35) определится из следующего выражения:

$$F_\tau = \frac{\tau \cdot \pi \cdot d_k}{\sin 2\alpha} \left(\frac{h_g}{\cos(\theta + \psi')} - \frac{d_k}{2\operatorname{tg}(\theta + \psi')} \right) + \frac{2f_1 \cdot E \cdot I \cdot \operatorname{tg}(\theta + \psi')}{L_k^2}, \quad (2.36)$$

Окружная сила ворса куста щетки F_{ω} :

$$F_{\omega} = m_k \cdot R_{cp} \cdot \omega_{\omega}^2, \quad (2.37)$$

где m_k - масса куста щетки, кг;

R_{cp} - средний радиус расположения куста щетки, мм;

ω - угловая скорость вала ротора, с⁻¹» [17].

«Решив зависимости (2.36) и (2.37) относительно условия $F_{\omega} \geq F_\tau$ определим минимально допустимую угловую скорость вала ротора:

$$\omega \geq \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{j \cdot A_{\kappa} \left[\frac{\tau \cdot \pi \cdot d_{\kappa}}{\sin 2\alpha} \left(\frac{h_{\theta}}{\cos(\theta + \psi')} - \frac{d_{\kappa}}{2 \operatorname{tg}(\theta + \psi')} \right) + \frac{2 f_1 \cdot E \cdot I \cdot \operatorname{tg}(\theta + \psi')}{L_{\kappa}^2} \right]}{m_{\kappa} \cdot R_{cp}}}}, \quad (2.38)$$

где j - количество кустов щетки, шт/м²;

A_{κ} - площадь контакта куста щетки с поверхностью консервационного материала, мм²» [17].

На основании проведенных теоретических исследований выведено выражение (2.38), исходя из которого следует, что скорость механического способа очистки СХТ от консервационного состава зависит от ω - угловой скорости вала ротора, с⁻¹, d_{κ} - диаметр куста щетки, мм и m - масса частицы абразивного материала, мг. [17, 21, 80].

Выводы по главе 2

1. Предложена конструкция устройства механической очистки СХТ, эксплуатация которого осуществляется следующим образом. «При нажатии на рычаг, срабатывает прерыватель с пружиной для прохождения сжатого воздуха через сообщающую камеру в смесительную камеру. В емкости для абразивного материала открывается заслонка, абразив перемешивается с воздухом и образуется абразивная смесь, которая под давлением поступает во внутренний канал ротора и перемещается вдоль его оси, проходит через радиальные отверстия в барабане и на выходе взаимодействует, как с консервационным материалом на поверхности детали, так и самими щетками» [43].

2. Исследовано движение абразивных частиц в потоке воздуха. Установлено, что скорость абразивных частиц зависит от скорости воздуха в канале, частоты вращения канала, то есть центробежных сил и массы самих частиц, учитывая, что наиболее значимым фактором будет скорость движения воздуха в канале, нами определено время разгона частиц до скорости воздушного потока. При скорости воздушного потока 6 м/с время разгона частиц составляет $5,8 \cdot 10^{-4}$ с, при скорости воздушного потока 8 м/с -

время разгона частиц $5,5 \cdot 10^{-4}$ с и при скорости воздушного потока 10 м/с - время разгона частиц $5,2 \cdot 10^{-4}$ с.

3. Установлено, что качество очистки зависит от геометрических и физико-механических характеристик щеток.

4. Установлено, что скорость воздушно-абразивной струи зависит от геометрических размеров устройства и физико-механических характеристик консервационного материала.

5. На основании законов механики выведено общее уравнение, исходя из которого получаем, что механический способ очистки стыковых сварных соединений СХТ зависит от ω - угловой скорости вала ротора, с^{-1} , d_{κ} - диаметра куста щетки, мм и m - массы частицы абразивного материала, мг.

ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТРОЙСТВА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

3.1 Общие положения экспериментальных исследований

В соответствии с общим состоянием проблемы и задачами диссертационного исследования, была разработана схема (рис. 3.1).

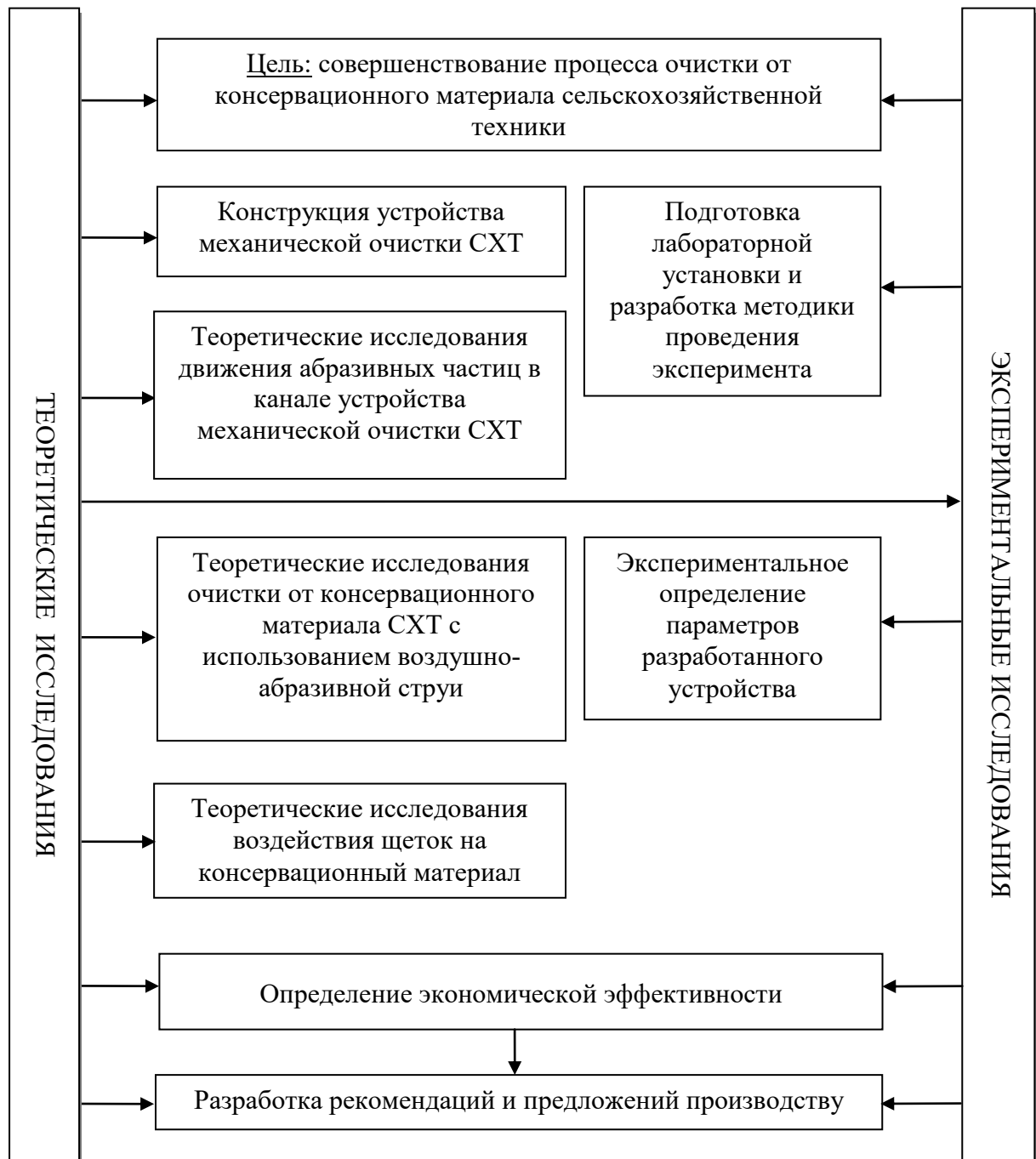


Рисунок 3.1 – Схема выполнения исследований

Экспериментальные исследования проводились с целью исследования очищающей способности разработанного устройства механической очистки СХТ. В задачи экспериментальных испытаний входило определение параметров и режимов работы экспериментального устройства.

Производственные исследования проводились для подтверждения результатов теоретических положений и экспериментальных исследований процесса очистки стыковых сварных соединений от консервационного материала СХТ с использованием разработанного устройства [43, 50, 67]. В задачи производственных исследований входило определение эксплуатационных параметров работы экспериментального устройства и сравнение их с характеристиками оборудования отечественного и зарубежного производства, а также сбор и обработка статистических данных о материальных затратах и экономических вложениях на очистку сельхозтехники от консервационного материала при снятии её с хранения [24, 50].

3.2 Экспериментальные исследования

Целью экспериментальных исследований заключалось в подтверждении результатов теоретических исследований о возможности очистки поверхности стыковых сварных соединений СХТ от консервационного материала с использованием экспериментального устройства [67].

Задачи экспериментальных исследований:

1. Исследование аэродинамических показателей древесных опилок;
2. Определение материала щеток;
3. Определение параметров и режимов работы разработанного устройства механической очистки СХТ.

Для эксперимента в качестве абразивных частиц были выбраны древесные опилки, которые при взаимодействии с очищаемой поверхностью

будут уплотнять консервационный материал и не повреждать лакокрасочное покрытие. Важным критерием для обоснования режимов и параметров работы механического устройства является критическая скорость воздуха или скорость витания частиц опилок - основополагающий параметр для выбора скорости движения воздуха в канале устройства очистки СХТ.

Аэродинамические показатели частиц древесных опилок выявляются сопротивлением воздушной среды. Величина аэродинамического сопротивления зависит от характера поверхности, массы, формы, площади сечения частиц опилок и относительной скорости воздушного потока [45].

В пофракционный контейнер засыпали древесные опилки и производили рассев опилок на фракции со средним размером частиц от 0,8 мм до 5 мм (рис. 3.2).



1 - древесные опилки; 2 - пофракционный контейнер

Рисунок 3.2 – Рассев древесных опилок в пофракционном контейнере на фракции

Изучение аэродинамических свойств древесных опилок проводили при помощи пневмосепаратора семяочистительной машины (рис. 3.3).

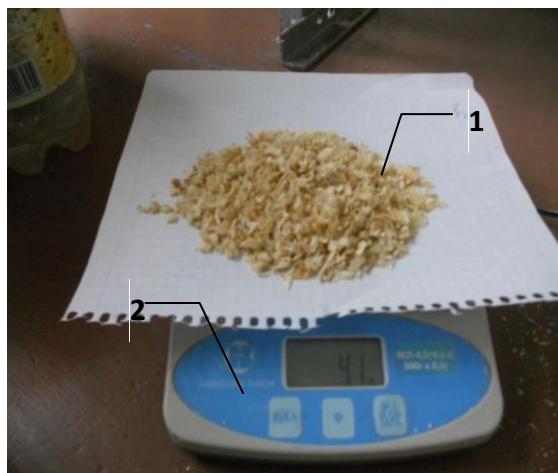
Для определения зависимости количества уносимых частиц при разных скоростях воздушного потока в аспирационном канале 2 пневмосепаратора (рис. 3.3) с помощью заслонки 6 выставлялась скорость воздушного потока в диапазоне от 2,5 м/с до 10 м/с.



1 - емкость; 2 - индикатор изменения скорости воздушного потока; 3 - циклон; 4 - вентилятор.

Рисунок 3.3 – Пневмосепаратор семяочистительной машины

После запуска пневмосепаратора (рис. 3.3) заранее сформированные массы высыпались в аспирационный канал 2. Основная масса пробы увлекалась выставленным воздушным потоком, а ее более тяжелая осыпалась в емкость 1. Масса уносимых и оставшихся компонентов определялась взвешиванием на весах ВСП - 0,5/1-0,1 с точностью $\pm 0,01$ г (рис. 3.4) [67].



1 - древесные опилки; 2 - весы ВСП - 0,5/1-0,1

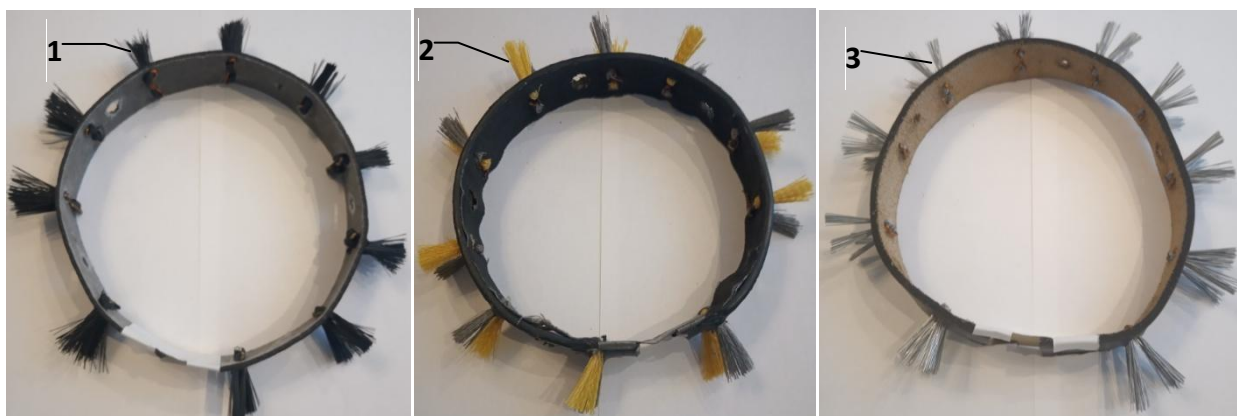
Рисунок 3.4 – Взвешивание опилок на весах ВСП - 0,5/1-0,1

Жесткость материала щетки классифицируют в соответствии с требованиями ГОСТ 6388-91 и представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Классификация жесткости щетки

Жесткость щетки (степень жесткости G), сН/мм ²	Класс жесткости	Индекс жесткости
$G < 7$	Мягкая	3
$6 < G < 9$	Средняя	5
$8 < G$	Жесткая	7

В зависимости от степени жесткости были выбраны щетки различного материала: для очистки слабосвязанных консервационных материалов были выбраны щетки с резиновым кустом, для очистки среднесвязанных консервационных материалов были выбраны щетки с пластиковым кустом, для очистки сильносвязанных консервационных материалов были выбраны щетки с металлическим кустом (рис. 3.5) [10].



1 - щетки с резиновым кустом; 2 - щетки с пластиковым кустом; 3 - щетки с металлическим кустом

Рисунок 3.5 – Разновидности материала щеток

В качестве образцов для проведения экспериментальных исследований использовались сварные соединения СХТ, выполненные из металлических пластин материала Сталь 08СП, размером 0,15×0,1×0,001 м. Основным материалом обшивки комбайнов и другой техники является сталь 08СП. В

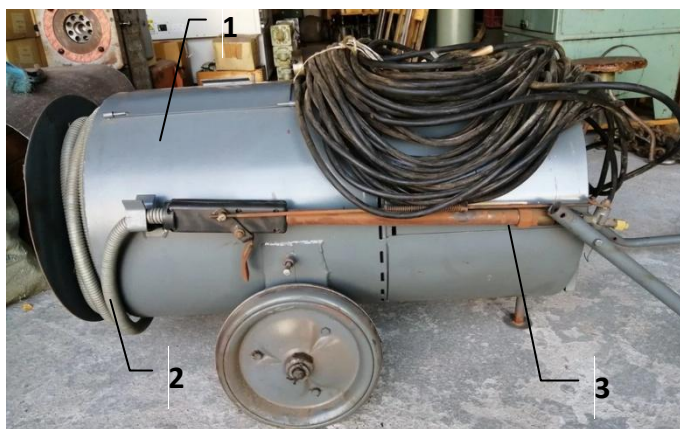
соответствии с ГОСТ Р ИСО 8501-1-2014 поверхности сварных соединений образца проходили предварительную подготовку [15].

В качестве защитного покрытия были выбраны широко распространенные в сельском хозяйстве консервационные составы, характеристики которых представлены в таблице 3.2 [24, 87].

Таблица 3.2 - Характеристики видов консервационных материалов

Вид соединения детали сельскохозяйственной техники, подлежащей консервации	Вид консервационного материала	Связь частиц консервационного материала с поверхностью деталей машины	Предел прочности при сжатии, МПа	Условный коэффициент прочности
Стыковое и сварное соединение детали	«Пушечная Смазка», (ПВК) ГОСТ 19537-83	Среднесвязанные	Более 18	3 - 4
Стыковое и сварное соединение детали	Консервант «Мовиль», ГОСТ 9.014-78	Слабосвязанные	Более 15	2 - 3
Стыковое и сварное соединение детали	«Бензино-битумные составы», ГОСТ 6617-76	Сильносвязанные	Более 20	5 - 6

Аппарат АКЭ-50 предназначен для нанесения защитной антикоррозионной смазки, нагретой до 90...110 °С, с толщиной слоя 0,2...0,3 мм на составные части тракторов и сельскохозяйственных машин при постановке их на длительное хранение на центральных машинных дворах сельских хозяйств (рис. 3.6) [80, 87].



1 - цилиндрический бак; 2 - напорный шланг; 3 - кран с распылителем

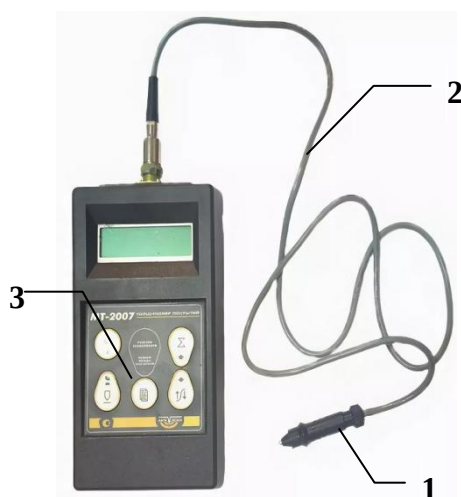
Рисунок 3.6 – Аппарата для нанесения защитных смазок 03 - 4899 (АКЭ-50)

Показатели нанесения консервационных составов гидравлическим способом аппаратом 03 - 4899 (АКЭ-50) представлены в таблице 3.3

Таблица 3.3 - Нанесение защитных смазок гидравлическим способом аппаратом 03 - 4899 (АКЭ-50)

Консервационный материал	Число слоев	Толщина Покрытия, мм	Марка	Давление, МПа	Температура подаваемого консерванта, °С	Расход материала, кг/м ²
1	2	3	4	5	6	7
«Пушечная Смазка» (ПВК), ГОСТ 19537-83	1	0,2 - 0,3	АКЭ - 50	0.25	90 - 100	0,1 - 0,12
Консервант «Мовиль», ГОСТ 9.014-78	1	0,2 - 0,3	АКЭ - 50	0.25	70 - 90	0,1 - 0,12
«Бензино-битумные составы», (ГОСТ 6617-76)	1	0,2 - 0,3	АКЭ- 50	0.25	90 - 110	0,1 - 0,12

Нанесение консервационных материалов производилось равномерным слоем высотой 0,2 ... 0,3 мм по всей площади образца. Для определения толщины слоя консервационного материала использовали толщиномер МТ2007 (рис. 3.7) [96].



1 - индукционный преобразователь МТ20-02; 2 - соединительный провод; 3 - клавиатура управления

Рисунок 3.7 – Толщиномер покрытий магнитный МТ2007

В климатической камере «Tabai», путем программируемого автоматического задания его параметров, создается и поддерживается

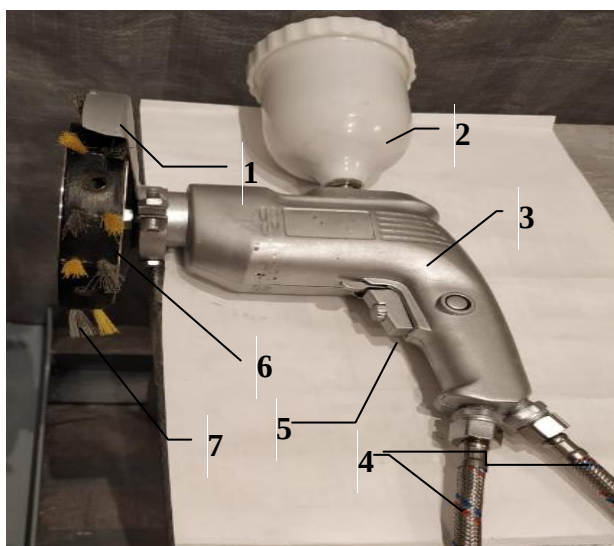
искусственный микроклимат. Для сокращения времени эксперимента в климатической камере «Tabai» проводилось состаривание защитных консервационных покрытий (рис. 3.8) [96].



1 - регулятор солнечного излучения; 2 - регулятор влажности воздуха; 3 - регулятор температуры; 4 - щит управления; 5 - испытуемый образец; 6 - смотровое окно; 7 - камера искусственного климата

Рисунок 3.8 – Камера искусственного климата «Tabai»

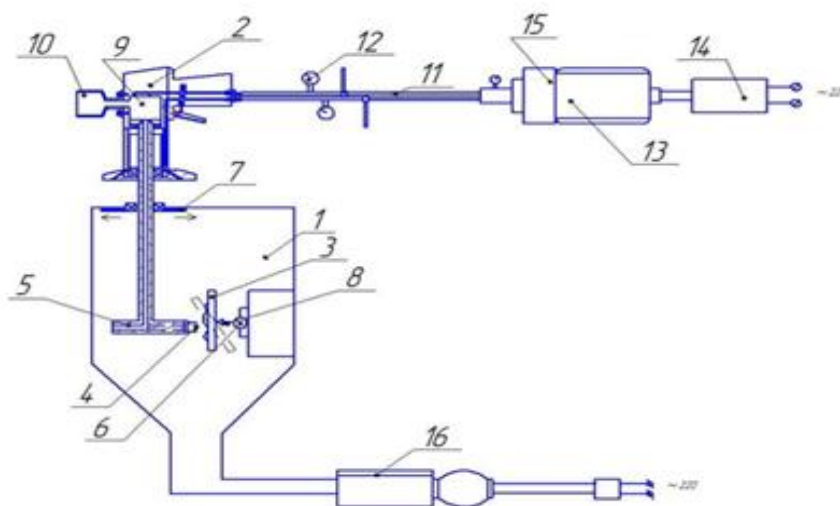
Общий вид экспериментального устройства представлен на рисунке 3.9.



1 - защитный кожух; 2 - емкость с абразивным материалом; 3 - корпус; 4 - шланги для подачи воздуха; 5 - рычаг; 6 - барабан; 7 - рабочие щетки

Рисунок 3.9 – Общий вид экспериментального устройства

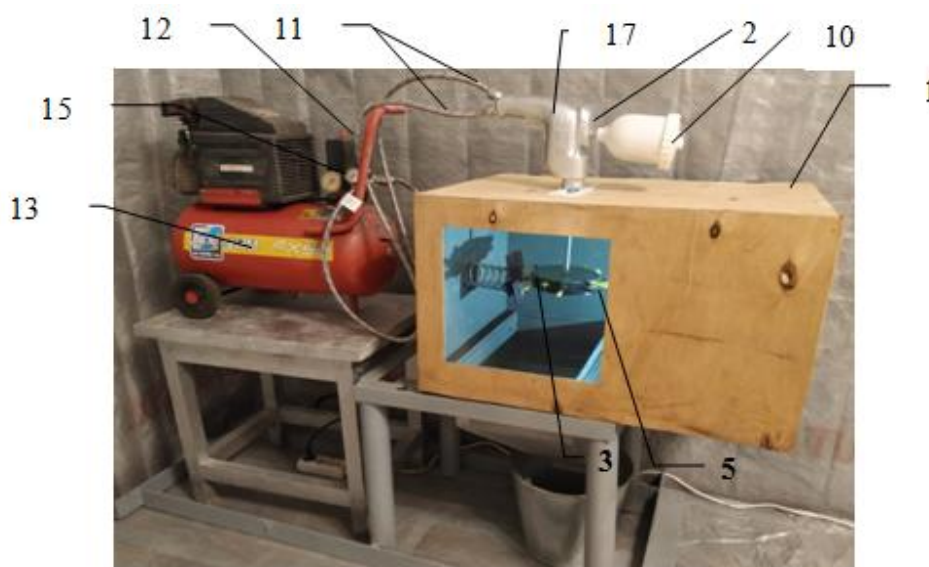
Экспериментальные исследования по очистке эталонных образцов проводились на разработанном стенде «Принципиальная схема» (рис 3.10) [58].



«1 - рабочая камера; 2 – экспериментальное устройство; 3 - образец; 4 - щетки; 5 - барабан; 6 - динамометр; 7 - регулирующие рамки; 8 - винт с подвижной кареткой; 9 - смесительная камера; 10 - емкость с абразивным материалом; 11 - каналы для подачи воздуха; 12 - манометр; 13 - компрессор; 14 - электродвигатель; 15 - регулятор давления; 16 – насос» [98]

Рисунок 3.10 – Схема лабораторной установки

Общий вид лабораторной установки механической очистки СХТ (рис. 3.11)



1 - экспериментальная камера; 2 - пневмомеханическое устройство; 3 - образец; 5 - барабан с рабочими щетками; 10 - емкость с абразивным материалом; 11 - воздушные шланги; 12 - манометр; 13 - компрессор «fias FX 90»; 15 - регулятор давления; 17 - рычаг

Рисунок 3.11 – Общий вид лабораторной установки

«Лабораторная установка состоит из рабочей камеры 1, к внутренней поверхности которой, через подпружиненную каретку 8 прикреплен испытуемый образец 3» [98]. Напротив образца расположен рабочий орган пневмомеханического устройства 2, который состоит из барабана 5 с закрепленными кустами щеток 4. Механическое устройство 2 соединено с рабочей камерой 1 через регулировочную рамку 7, с помощью которой можно изменять угол наклона рабочего органа относительно образца. На выходе компрессора 13 установлен регулятор давления 15 для установки требуемого давления в воздушных каналах. Давление воздушного потока определяется манометрами 12. Лабораторная установка подключается к сети 220 Вт и производится запуск электродвигателя компрессора 13. Из компрессора 13 воздушный поток через регулятор давления 15 и воздушные шланги 11 подается к механическому устройству, при нажатии на рычаг 17 сжатый воздух поступает в емкость с абразивными частицами (древесными опилками) 10, «абразив перемешивается с воздухом, образуя абразивную смесь, которая под давлением выходит через радиальные отверстия в барабане 5 взаимодействуя, как с консервационным материалом на поверхности образца, так и самими щетками 4» [43].

На лабораторной установке механической очистки СХТ исследовались следующие параметры, оказывающие влияние на степень очистки: m - масса частицы абразивного материала, мг; d_{κ} - диаметр куста щетки, мм; ω - угловая скорость вала ротора, с^{-1} :

1. Масса частиц абразивного материала (древесные опилки) (m):

$$m_{-1} = 0,27 \text{ мг}; m_0 = 0,34 \text{ мг}; m_{+1} = 0,41 \text{ мг}$$

2. Диаметр куста щетки (d_{κ}):

$$d_{\kappa -1} = 4 \text{ мм}; d_{\kappa 0} = 5 \text{ мм}; d_{\kappa +1} = 6 \text{ мм}$$

3. Угловая скорость вала ротора (ω):

$$\omega_{-1} = 42 \text{ с}^{-1}; \omega_0 = 52 \text{ с}^{-1}; \omega_{+1} = 62 \text{ с}^{-1}$$

Скорость перемещения устройства очистки СХТ относительно образца была выбрана экспериментально, из условия полного удаления консерванта с поверхности и составила 0,007 м/с. Рабочие щетки располагались под углом 45° - 90° к поверхности образца [60, 79]. Время очистки образца фиксировалось с помощью секундомера и составляло 18 секунд.

Частота вращения барабано-щеточного рабочего органа определялась при помощи электронного тахометра «Testo 460» (рис. 3.12).



1 - кнопки управления; 2 - жидкокристаллический экран

Рисунок 3.12 – Электронный тахометр «Testo 460»

Для определения степени очистки образца его взвешивали до и после очистки. Взвешивание осуществлялось на весах М-ER 326AF-6.1 LCD (рис. 3.13) [1].

Количество остаточного консерванта на эталонном участке вычисляли по формуле:

$$O_k = \frac{M - m}{A_o}, \quad (3.1)$$

где m - масса чистого тампона, г;

M - масса тампона после очистки образца, г;

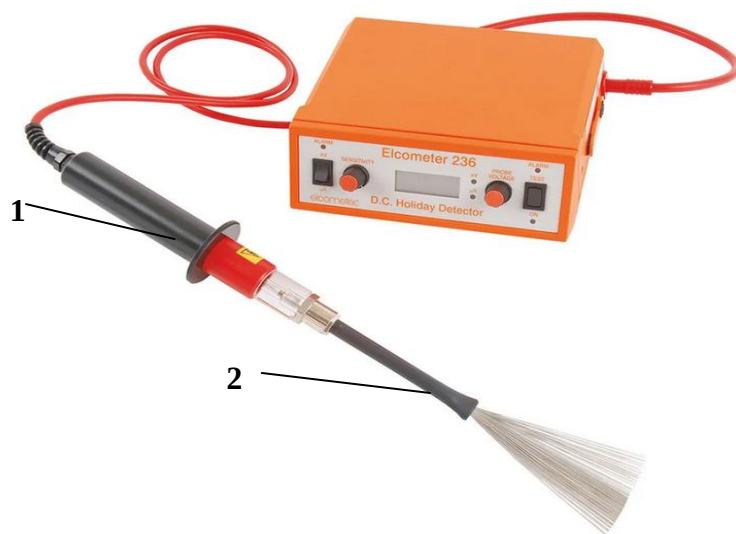
A_o - площадь поверхности образца, см^2 .



1 - образец; 2 - весы M-ER 326AF-6.1 LCD

Рисунок 3.13 – Взвешивание образца

С помощью дефектоскопа фирмы «Elcometer 236» фиксировалось число повреждений эталонного участка образца до и после его очистки (рис. 3.14).



1 - телескопическая рукоятка датчика; 2 - щеточный датчик

Рисунок 3.14 – Электроискровой дефектоскоп «Elcometer 236»

Степень повреждений поверхности стыкового соединения образца определялась для исследования разрушающих свойств воздействия рабочих щеток из выражения [24,96]:

$$S = \frac{P - P_0}{P} \cdot 100, \quad (3.2)$$

где P_0 - количество микротрещин до очистки, шт/см²;

P - количество микротрещин после очистки, шт/см².

К зачищенной площадке эталонного образца прикреплялась минусовая клемма дефектоскопа, а через щеточный датчик 2 подавался положительный разряд. Во время движения щеточного датчика по поверхности эталонного участка, происходили пробой в цепи, которые отображались на индикаторе дефектоскопа 1 и дублировались звуковым сигналом, фиксируя дефекты и микротрещины [96].

Потребление устройством электрической энергии определялось с помощью счетчика «СЕТ3а-02-66-05/1п» (рис. 3.15).



Рисунок 3.15 – Счетчик электроэнергии индукционный «СЕТ3а-02-66-05/1п»

Технико-эксплуатационные характеристики контрольно-измерительных оборудования указаны в приложении 2.

Трехуровневый план Бокса-Бенкина применялся для вывода математической модели, определяющей значительный диапазон степени очистки эталонного участка образца.

Опыт проводился с трехкратной повторностью. Результаты проведенных экспериментов фиксировались в журнале опытов. С помощью компьютерных

программ «Mathematika» и «STATISTICA» осуществлялась обработка результатов эксперимента [58, 98].

3.2 Производственные исследования

Организация производственных исследований проводилась для уточнения конструктивных и режимных параметров, полученных при теоретическом и экспериментальном исследовании, механического устройства стыковых сварных соединений СХТ от консервационного материала [24, 96].

В задачи полевых испытаний входило:

1. Определить эксплуатационные параметры работы экспериментального устройства для очистки СХТ;
2. Провести сравнительные испытания разработанного устройства с аналогами отечественного и зарубежного производства;
3. Определить технико-экономические показатели работы разработанного устройства.

В ходе производственных исследований сравнивались эксплуатационные параметры работы разработанного устройства механической очистки СХТ с характеристиками мойки высокого давления BOSCH Advanced Aquatak 150, а также сбор и обработка статистических данных о материальных затратах и экономических вложениях на очистку сельхозтехники от консервационного материала при снятии её с хранения.

Вычисление технико-экономических показателей разработанного устройства и определение степени очистки стыковых сварных соединений СХТ от консервационного материала производились по следующим показателям [96]:

- расхода электроэнергии, кВт·ч;
- расход абразива, м³;
- расход рабочей жидкости, м³;

- время очистки, мин;
- остаточное количество консервационного материала, г/м²;
- трудоемкость, чел-ч.

Исследование проводилось на зерноуборочном комбайне Брянсксельмаша КЗС-1218 «ДЕСНА-ПОЛЕСЬЕ GS12», сеялке СЗУ-6 «МордовАгроМаш» и МТЗ-82.1 на машинном дворе Общества с ограниченной ответственностью «Рассвет» д. Давыдово Клепиковского района Рязанской области (рис 3.16).



1 - зерноуборочный комбайн Брянсксельмаша КЗС-1218 «ДЕСНА-ПОЛЕСЬЕ GS12»; 2 - экспериментальное устройство

Рисунок 3.16 – Производственные исследования экспериментального устройства на машинном дворе ООО «Рассвет» д. Давыдово Клепиковского района Рязанской области

Выбор зерноуборочного комбайна Брянсксельмаша КЗС-1218 «ДЕСНА-ПОЛЕСЬЕ GS12», сеялки СЗУ-6 «МордовАгроМаш» и МТЗ-82.1 был обоснован тем, что выбранные единицы техники имеют большинство деталей, агрегатов и узлов, по устройству аналогичных для большинства сельскохозяйственных машин. Каталог выбранных единиц деталей, агрегатов и узлов представлен в таблице 3.4 [24, 81, 96].

Очистка эталонных участков деталей, агрегатов и узлов «проводилось на трех единицах каждой марки сельскохтехники с целью получения информации с вероятностью 0,95 при коэффициенте вариации 0,05 и относительной ошибке 0,05» [24].

Во время очистки эталонных участков от консервационных составов, рабочий держал устройство под углом от 45^0 до 90^0 , при этом перемещая его относительно рабочей поверхности со скоростью 0,05 м/с. Время операции фиксировалось секундомером.

Таблица 3.4 - Каталог выбранных единиц деталей, агрегатов и узлов СХТ

№ п/п	Марка машины	Наименование эталонного участка	Площадь эталонного участка, м ²	Виды консервационного материала	Характеристика поверхности
1	2	3	4	5	6
1.	Зерноуборочный комбайн Брянсксельмаша КЗС-1218 «ДЕСНА-ПОЛЕСЬЕ GS12»	Жатвенная часть: шнек жатки; корпус жатки	(0,2×0,2) 0,04	Бензино-битумные составы (ББС), пушечная смазка	Плоская и плоская под углом к другой поверхности
		Корпус наклонной камеры	(0,2×0,2) 0,04	Консервационное масло НГ-207, ингибированные пластичные смазки	Плоская, плоская под углом друг к другу
		Кожух шнека выгрузного	(0,15×0,15) 0,0225	Пластичные волокнистые смазки, пушечная смазка	Овальная
		Капот саломотряса	(0,3×0,3) 0,09	Мовиль, пластичные волокнистые смазки	Полуовальной формы
		Корпус бункера для зерна	(0,2×0,2) 0,04	Неингибированные пластичные смазки, пушечная смазка	Плоская, плоская под углом друг к другу
		Кабина водителя: каркас и двери кабины	(0,2×0,2) 0,04	Пластичные волокнистые смазки, бензино-битумные составы	Плоская, плоская под углом друг к другу

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3	4	5	6
2.	Сеялка СЗУ-6 «МордовАгро Маш»	Бункер (с наружи)	(0,4×0,4) 0,16	Ингибированные пластичные смазки, пушечная смазка	Плоская и плоская под углом к другой поверхности
		Бункер под удобрение (внутри)	(0,15× 0,15) 0,0225	Мовиль, пластичные волокнистые смазки	Плоская и плоская под углом к другой поверхности
		Сошники	(0,2×0,2) 0,04	Пушечная смазка, ингибированные пластичные смазки	Полуовальной формы
3.	МТЗ-82.1	Кабина	(0,3×0,3) 0,09	Консервант Мовиль, пластичные волокнистые смазки	Плоская, округлая
		Топливный бак	(0,4×0,4) 0,16	Пластичные волокнистые смазки, бензино- битумные составы	Полуовальная
		Диск передний левый	(0,3×0,3) 0,09	Ингибированные пластичные смазки, пушечная смазка	Плоская, полуовальная

Во время производственных исследований использовались современное контрольно-измерительные приборы, прошедшие в установленном порядке сертификацию и государственную поверку (Приложение 2).

Количество остаточного консервационного материала на i -ом эталонном участке вычисляли по формуле 3.1.

Оценка степени очистки одной единицы техники вычислялась «на основании значений оценочных показателей очистки эталонных участков по формуле:

$$O_{\Pi} = \frac{\sum_{i=1}^n O_{\Pi i}}{n_i}, \quad (3.3)$$

где O_{Pi} - оценочный показатель очистки i -го эталонного участка;
 n_i - количество i -тых эталонных участков» [96].

Трудоемкость очистки определяли по выражению:

$$T = t_o + t_{n-z} + t_{don} \quad (3.4)$$

где t_o - время основных операций очистки, чел-ч;

t_{n-z} - время подготовительно-заключительных операций, чел-ч;

t_{don} - время дополнительных операций, чел-ч.

Время основных операций заключалось в затраченном времени сотрудника при выполнении работ по удалению консерванта с поверхности стыковых сварных соединений СХТ. Время подготовительно-заключительных операций учитывалось на организацию техобслуживания рабочего места. Перерывы в рабочем процессе сотрудника определялось как дополнительное время операций. [24, 79, 96].

ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Результаты экспериментальных исследований

После обработки экспериментальных данных была получена зависимость массы уносимых древесных опилок от увеличения скорости воздушного потока (рис. 4.1) [98].

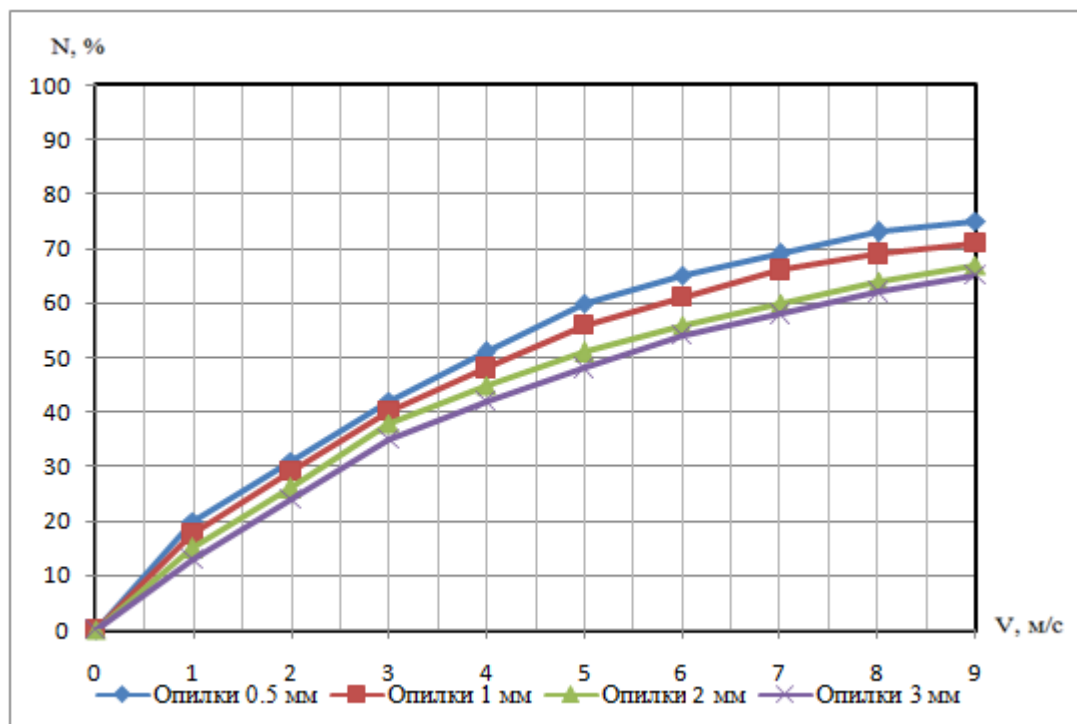


Рисунок 4.1– Графическая зависимость масса уносимых частиц опилок от размера опилок и увеличения скорости воздушного потока

Анализ рисунка 4.1 показал, что при размере частицы опилок 0,8 мм и скорости воздушного потока 9 м/с количество уносимых частиц составило 75 % от общей массы; при размере частицы 1 мм и скорости воздушного потока 9 м/с выход чистого продукта 72 %; при среднем размере частиц 2 мм и скорости воздушного потока 9 м/с количество уносимых частиц 67 % от общей массы; при размере частицы - 3 мм и скорости воздушного потока 9 м/с количество уносимых частиц составило 63 %.

На основании проведенных экспериментов были выбраны древесные опилки размером от 0,8 до 1,2 мм и построен график зависимости количества уносимых частиц древесных опилок от первоначального объема 100 % при увеличении скорости воздушного потока (рис. 4.2) [58].

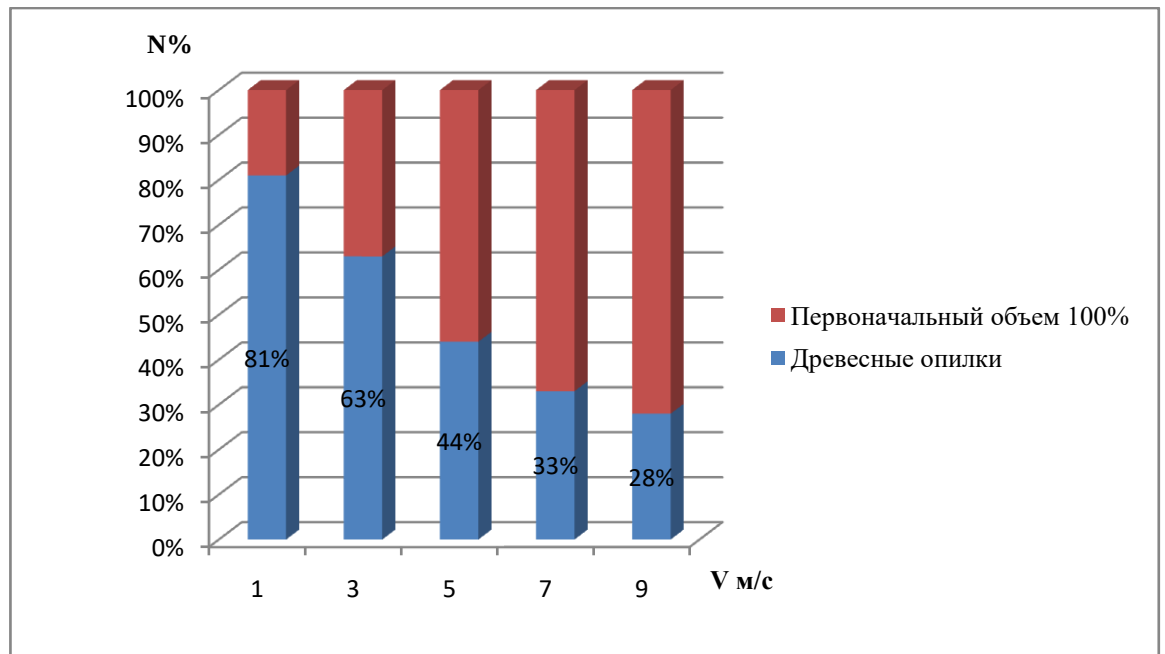


Рисунок 4.2 – Графическая зависимость количества уносимых частиц размером 1 мм от первоначального объема при увеличении скорости воздушного потока

Из рисунка 4.2 видно, что в пневмасепараторе при скорости воздушного потока 1 м/с частиц древесных опилок размером 1 мм в емкости остается 81%, от общей массы 100%; при скорости 3 м/с частиц в емкости остается 63%; при скорости воздушного потока 5 м/с опилок в пробе остается 44%, от первоначального объема; при скорости 7 м/с остаток древесных опилок составил 33%; при скорости воздушного потока 9 м/с остаток частиц древесных опилок в емкости составил 28% от общей массы [98].

Для проведения многофакторного эксперимента была составлена матрица плана и определены уровни варьирования факторов (таблица 4.1).

Таблица 4.1 - Матрица плана и уровни варьирования факторов

Уровень и интервал варьирования	Факторы			Критерии
	Масса частицы (древесные опилки) m , мг	Диаметр куста щетки d_k , мм	Угловая скорость вала ротора ω , с ⁻¹	Степень очистки поверхности Θ , %
	X_1	X_2	X_3	Y
Верхний уровень (+1)	0,41	6	62	97
Основной уровень (0)	0,34	5	52	93
Нижний уровень (-1)	0,27	4	42	89
Интервал варьирования	0,07	1	10	4
План				
1	+	+	0	93
2	-	-	0	87
3	+	-	0	90
4	-	+	0	92
5	+	0	+	96
6	-	0	-	92
7	+	0	-	95
8	-	0	+	92
9	0	+	+	97
10	0	-	-	89
11	0	+	-	91
12	0	-	+	92
13	0	0	0	94
14	0	0	0	94
15	0	0	0	95

Дальнейшую обработку производим на ПЭВМ в компьютерной программе «Mathematika». Обработка результатов экспериментальных данных программой «Mathematika» осуществляется с помощью оператора Fit. Данный оператор осуществляет приближение методом наименьших квадратов функций, заданных таблично (таблица 4.1) [58].

Для использования уравнения второго порядка следующего вида в качестве расчетной формулы (4.1) и интерпретации результатов опытов необходимо его преобразовать к именованным величинам [58].

$$y = b_0 + \sum_i^k b_i \cdot x_i + \sum_{ij}^k b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum b_{ij} \cdot x_i^2, \quad (4.1)$$

b_0, b_i, b_j - коэффициенты уравнения регрессии;

x_i, x_j - независимые переменные (факторы);

[illegible]

Значение дисперсии воспроизводимости $S_{воспр}^2$ определяли по нулевым точкам плана эксперимента по следующему выражению (4.3) [58, 96]:

$$S_{воспр}^2 = S_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} (y_{0i} - \bar{y}_0)^2}{N_0 - 1}, \quad (4.3)$$

где N_0 - число нулевых точек ($N_0 = 3$);

y_{0i} - значение отклика в нулевых точках.

$$S_{воспр}^2 = S_y^2 = \frac{(0,1110 + 0,1110 + 0,44448889)}{3 - 1} = 0,3333$$

Проверку адекватности полученной математической модели экспериментальным данным осуществляли по формуле (4.4) критерия Фишера [58]:

$$F_{on} = \frac{S_a^2}{S_{воспр}^2}, \quad (4.4)$$

где S_a^2 - дисперсия адекватности.

$$F_{on} = \frac{3,0816}{0,3333} = 9,25$$

Дисперсию адекватности определяли по формуле (4.5) [8]:

$$S_a^2 = \frac{S_{ост}^2 \cdot f_{ост} - S_{воспр}^2 \cdot f_{воспр}}{f_a}, \quad (4.5)$$

где $S_{ост}^2$ - остаточная дисперсия;

$f_{ост}$, $f_{воспр}$, f_a - число степеней свободы соответственно для остаточной дисперсии, дисперсии воспроизводимости и дисперсии адекватности.

$$S_a^2 = \frac{1,9823 \cdot 5 + 0,3333 \cdot 2}{3} = 3,0816$$

Остаточную дисперсию определяли по следующей формуле (4.6) [58]:

$$S_{ocm}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\bar{y} - \hat{y}_i \right)^2}{N - l}, \quad f_{ocm} = N - l, \quad (4.6)$$

где l - число коэффициентов уравнения регрессии, $l = 10$.

$$S_{ocm}^2 = \frac{9,9115}{15 - 10} = 1,9823$$

Значение критерия Фишера, рассчитанное по формуле (4.4), составляет 9,25, а табличное значение критерия Фишера при уровне значимости 0,05 и числе степеней свободы $f_1 = f_a = 3$ и $f_2 = f_{воспр} = 2$ составляет 19,2. Так как $F_{он} < F_{табл}$ ($9,25 < 19,2$), то можно сделать заключение об адекватности полученной математической модели экспериментальным данным [58].

Модель регрессии второго порядка была исследована для выявления эксплуатационных параметров экспериментальной установки. С помощью компьютерной программы «Statistica» и на основании уравнения регрессии были построены поверхности отклика (рис. 4.3 - 4.4) [58, 98].

Анализ опытных данных позволил рассчитать зависимость степени очистки исследуемого образца от массы абразивных частиц и диаметра куста щетки, полученное уравнение регрессии соответствует опытным данным с коэффициентом детерминации равным 0,82806695 и коэффициентом регрессии составляет 0,90998184.

$$W(\%) = -80,7143 + 161,97967 \cdot x + 53,9417 \cdot y - 220,9728 \cdot x^2 + 9,3214 \cdot x \cdot y - 5,5378 \cdot y^2, \quad (4.7)$$

На основании уравнения регрессии была построена поверхность отклика, представленная на рисунке 4.3.

Анализ рисунка 4.3 показал, что при небольшой угловой скорости вращения вала ротора степень очистки исследуемого образца в большей степени зависит от диаметра куста щетки и в меньшей степени от размера абразивных частиц. На основе анализов зависимости установлено, что наибольшая степень очистки достигается при диаметре куста щетки 5 мм и массе абразивных частиц 0,42 мг.

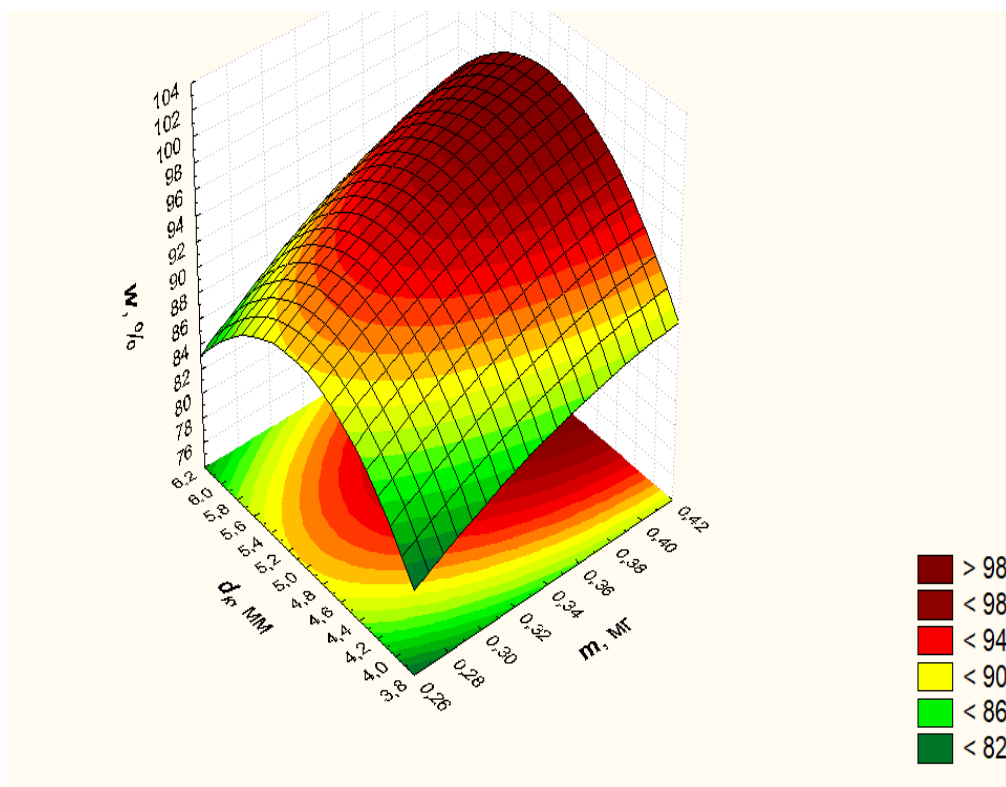


Рисунок 4.3 – График зависимости степени очистки исследуемого образца от диаметра куста щетки, мм и массы частицы абразивного материала, мг, при фиксированном значении угловой скорости вала ротора 42 c^{-1} .

С увеличением угловой скорости вала ротора степень очистки исследуемого образца в большей мере зависит от массы частиц абразивного материала – возрастает кинетическая энергия частиц. Дополнительно проведенные эксперименты позволили получить уравнение регрессии, которое характеризуется коэффициентом детерминации равным 0,8609064 и коэффициентом регрессии составляет 0,92785042.

$$W(\%) = 7,2656 + 305,6446 \cdot x + 10,3955 \cdot y - 386,6769 \cdot x^2 - 5,7321 \cdot x \cdot y - 0,6472 \cdot y^2, \quad (4.8)$$

На основании уравнения регрессии была построена поверхность отклика, представленная на рисунке 4.4.

Анализ рисунка 4.4 показал, что при фиксированном значении угловой скорости вала ротора 52 с^{-1} наилучшая степень очистки достигается при диаметре куста щетки 5 мм и массе абразивных частиц 0,34 мг.

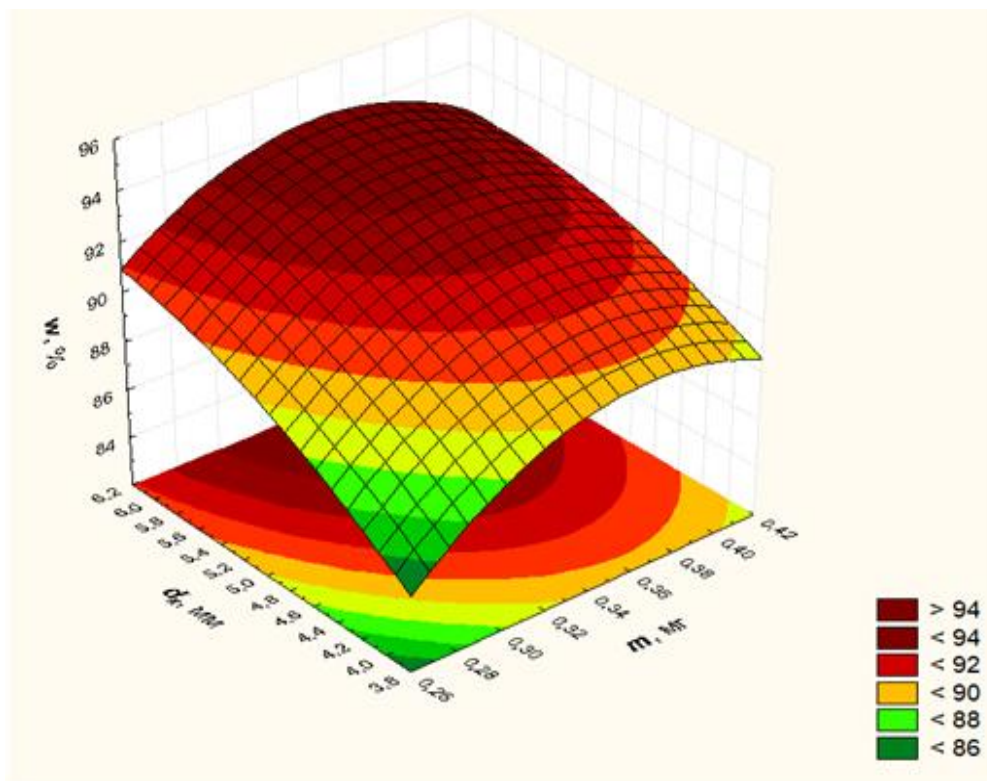


Рисунок 4.4 – График зависимости степени очистки исследуемого образца от массы частицы абразивного материала, мг и диаметра куста щетки, мм при фиксированном значении угловой скорости вращения вала ротора, 52 с^{-1}

В результате исследований установлено, что нормативная степень очистки достигается при угловой скорости 52 с^{-1} , дальнейшее увеличение способно привести к повышению энергоемкости процесса на 16,1 %, таким образом, рациональными значениями независимых факторов устройства очистки являются диаметр куста щетки 5 мм, угловая скорость вращения вала ротора 52 с^{-1} и масса частицы абразивного материала 0,34 мг [24, 58] .

По результатам экспериментальных исследований были получены зависимости влияния времени очистки образца щетками из различных материалов на степень очистки (рис. 4.5).

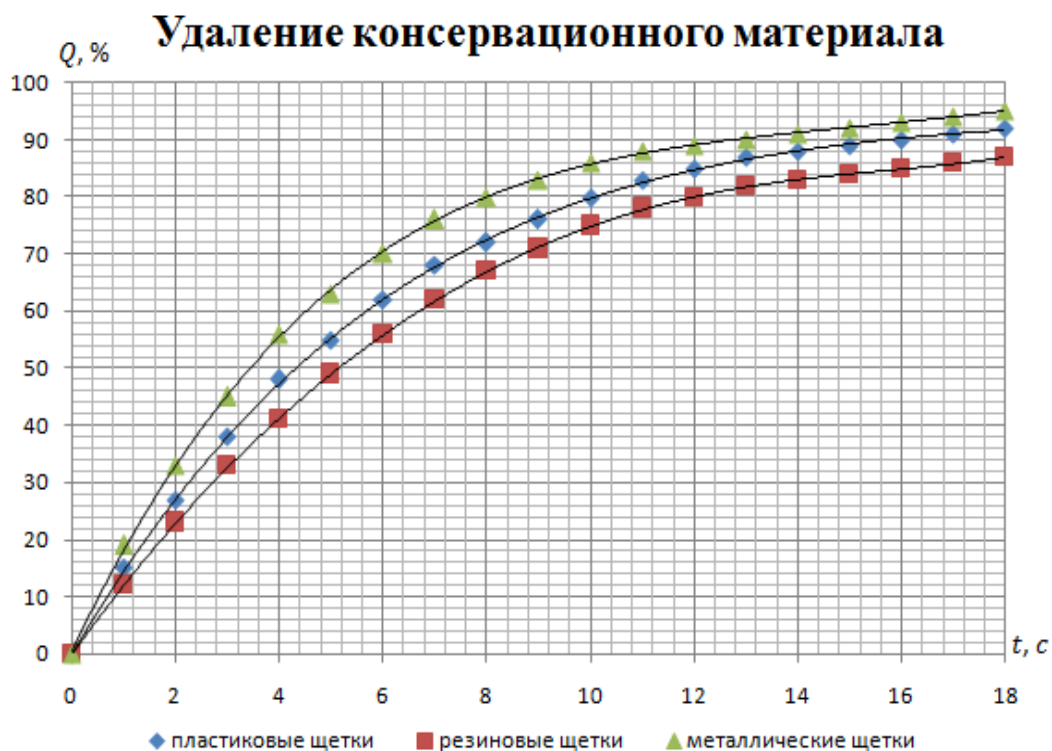


Рисунок 4.5 – График зависимости степени очистки $Q, \%$ от времени очистки образца t, c и материала щеток

Анализируя полученный график (рис. 4.5) установлено, что наилучшая степень очистки образца $Q = 96 \%$, за 18 с работы устройства, достигается при использовании металлических щеток. Применение пластиковых щеток позволяет достичь необходимой степени очистки соединений (около 94 %) без повреждения очищаемой поверхности. Использование резиновых щеток показывает наименьшую степень очистки $Q = 87 \%$ образца за аналогичное время работы устройства, поэтому дальнейшее их использование не целесообразно [10].

Однако исследования, проведенные по изучению повреждаемости поверхности соединений деталей от воздействия щеток разного материала, показали, что повреждаемость поверхности металлическими щетками достаточно высокая и составляет 45-50% и в 5 раз больше по сравнению с использованием щеток из пластика (рис. 4.6).

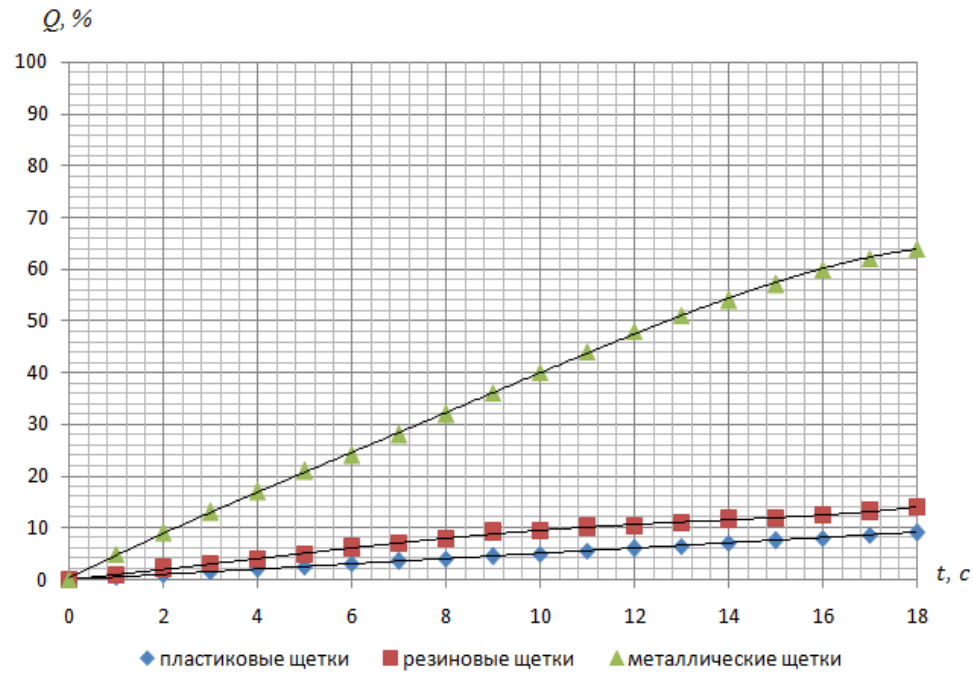


Рисунок 4.6 – График зависимости степени повреждения соединений Q , % от времени очистки образца t , с

При работе механической устройства также учитывался фактический износ выбранных щеток при удалении различных консервационных материалов (рис. 4.7).

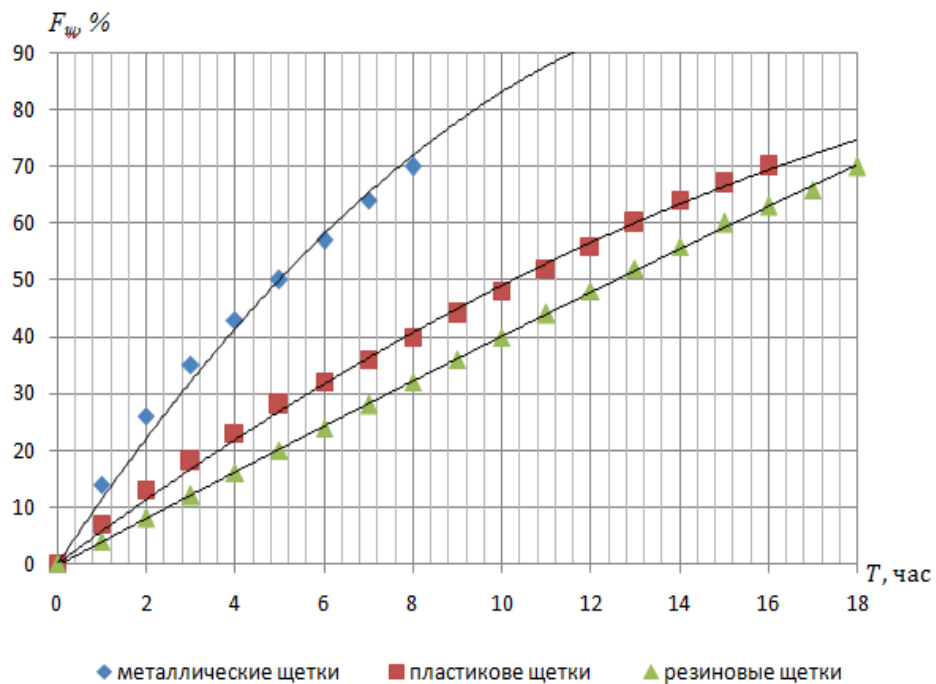


Рисунок 4.7 – Зависимость степени износа щеток $F_{щ}$, % от времени очистки поверхности образца T , час

Использование металлических щеток приводит к повреждению стыковых сварных соединений и металлический ворс быстрее изнашивается по сравнению с пластиковым ворсом (рис. 4.6 - 4.7). Применение пластиковых щеток позволяет достичь необходимой степени очистки соединений (около 94%) без повреждения очищаемой поверхности, в связи с этим для очистки стыковых сварных соединений СХТ при расконсервации целесообразно использовать пластиковые щетки [10, 43, 45, 58].

4.2 Результаты производственных исследований

Производственные исследования проводились на зерноуборочном комбайне Брянсксельмаша КЗС-1218 «ДЕСНА-ПОЛЕСЬЕ GS12», сеялке СЗУ-6 «МордовАгроМаш» и МТЗ-82.1 на машинном дворе ООО «Рассвет» д. Давыдово Клепиковского района Рязанской области.

Таблица 4.3 - Техничко-эксплуатационные характеристики сравниваемого оборудования

№ п/п	Наименование показателей	Оборудование очистки деталей СХТ	
		Мойка высокого давления BOSCH Advanced Aquatak 150	Разработанное устройство
1.	Количество операторов при техническом обслуживании установки, чел.	1	1
2.	Мощность электродвигателя, кВт	2,2	1,3
3.	Максимальное давление, бар	150	12
4.	Расход абразива, кг/час	-	20
5.	Площадь, занимаемая машиной, м ²	0,4	0,3
6.	Производительность гидронасоса, л/час	480	-
7.	Масса оборудования, кг	24	25
8.	Регулятор давления и расхода воды	на корпусе аппарата	

В ходе производственных исследований сравнивались технико-эксплуатационные характеристики и определялись оценочные показатели оборудования гидроструйной очистки с разработанным устройством очистки стыковых сварных соединений СХТ от консервационного материала (таблицы 4.3 - 4.4) [2, 24, 96].

Исследования многих ученых показывают, что достаточной степенью очистки является около 94%, что соответствует ГОСТ Р ИСО 8501-1-2014 [15, 24, 96].

Сравнительный анализ оценочных показателей очистки i -го эталонного участка СХТ размером $0,04 \text{ м}^2$ в производственных условиях показал, что определяющим фактором является время воздействия устройств на консервационный материал (рис. 4.8).

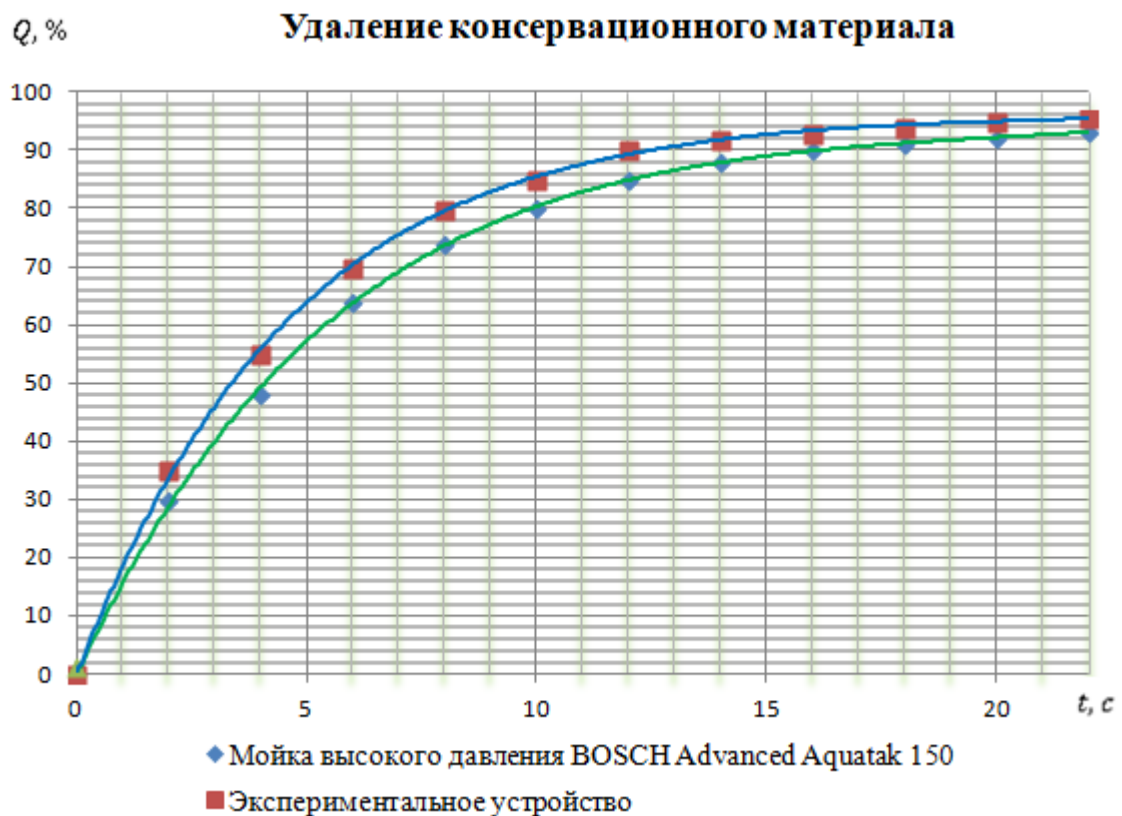


Рисунок 4.8 – График зависимости степени очистки от времени воздействия устройств

Из графической зависимости рисунка 4.8 видно, что степень очистки в первый период увеличивается прогрессивно с течением времени воздействия на консервационный материал. На втором этапе скорость очистки стабилизируется, поэтому с точки зрения экономической эффективности применяемого способа необходимо определить рациональное время воздействия на консервационный материал [96].

Анализируя эффективность применения различных устройств можно отметить, что наименьшее время очистки эталонного участка показало устройство механической очистки СХТ. Требуемая степень очистки испытываемого участка размером 0,04 м² по ГОСТ Р ИСО 8501-1-2014 в 94 % достигается при времени воздействия разработанного устройства 22 секунды, соответственно остаточный консервационный материал после очистки механическим способом составляет 5-7%. Наименьшее время очистки показала гидроструйная мойка высокого давления. Максимальную степень очистки испытываемого образца в 90 % она достигла через 22 секунд воздействия. Неудаленные 10% консерванта остались преимущественно на стыковых соединениях СХТ. Данный способ показал низкую адгезионную эффективность очистки (рис. 4.8) [2, 13, 24].

Полученные в ходе производственных испытаний оценочные показатели мойки высокого давления BOSCH Advanced Aquatak 150 и разработанного устройства механической очистки стыковых сварных соединений СХТ от консервационного материала представлены в таблице 4.4.

Анализ полученных результатов показывает, что разработанное устройство механической очистки СХТ и мойка высокого давления обеспечивают высокую степень сохранности лакокрасочного покрытия. Также можно отметить снижение на 20...25 % удельного расхода энергии на осуществление процесса механической очистки по сравнению с мойкой высокого давления.

Еще одним существенным показателем эффективности является показатель трудоемкости выполнения работ. Результаты степени очистки СХТ «зависит не только от технико-эксплуатационных показателей работы оборудования, но и от способа организации работ» [24].

Таблица 4.4 - Показатели способов очистки СХТ

№ п/п	Наименование способа очистки	Марка установки для очистки	Марка единицы техники	Оценочные показатели				
				Расход электроэнергии, кВт·ч	Расход абразива, м ³	Расход рабочей жидкости, м ³	Время очистки, мин	Остаточный консервационный материал, г/м ²
1	2	3	4	6	7	8	9	10
1.	Гидроструйная очистка	Мойка высокого давления BOSCH Advanced Aquatak 150	ДЕСНА- ПОЛЕСЬЕ GS12	1,85	-	403	72,2	1,07
			СЗУ-6	0,86	-	189	40,8	0,96
			МТЗ-82.1	1,36	-	298	54,4	1,03
2.	Механическая очистка	Разработанное устройство	ДЕСНА- ПОЛЕСЬЕ GS12	1,12	0,17	-	69,3	1,02
			СЗУ-6	0,49	0,07	-	39,7	0,93
			МТЗ-82.1	0,77	0,08	-	52,6	0,98

«Анализ степени очистки от трудозатрат показал, что трудоемкость работ при удалении 1 м² консервационного состава мойкой высокого давления BOSCH Advanced Aquatak 150 составила 0,22 чел-ч., в том числе затраты электроэнергии 0,33 кВт·ч. Использование разработанного устройства позволяет существенно увеличить эффективность очистки стыковых сварных соединений СХТ от консервационного материала. Так для обеспечения допустимой степени очистки одного м², расконсервируемой поверхности СХТ (остаточный консервационный материал 1 г/м²) необходимо затратить 0,195 кВт·ч электроэнергии, при этом трудоемкость составляет 0,21 чел-ч. [2, 24, 96].

Реализация данного способа очистки изображена в виде технологической карты операций расконсервации СХТ (зерноуборочного комбайна Брянсксельмаша КЗС-1218 «ДЕСНА-ПОЛЕСЬЕ GS12», сеялки СЗУ-6 «МордовАгроМаш» и МТЗ-82.1 (приложении 3)). Трудоемкость выполненных работ по очистке одной единицы зерноуборочного комбайна Брянсксельмаша КЗС-1218 «ДЕСНА-ПОЛЕСЬЕ GS12» от консервационного материала составила 1,155 чел-ч., сеялки СЗУ-6 «МордовАгроМаш» – 0,43 чел-ч. и МТЗ-82.1 – 0,71 чел-ч. [2, 24, 96].

Использование разработанного устройства позволило на 4% увеличить эффективность очистки СХТ от консервационного материала по сравнению с гидроструйным способом очистки. Общее время операции составляет для зерноуборочного комбайна Брянсксельмаша КЗС-1218 «ДЕСНА-ПОЛЕСЬЕ GS12» – 69,3 мин., сеялки СЗУ-6 «МордовАгроМаш» – 39,7 мин. и МТЗ-82.1 – 52,6 мин.

4.3 Экономическая эффективность

Внедрение разработанного устройства очистки СХТ от консервационных материалов на машинных дворах фермерских хозяйств Клепиковского района Рязанской области, позволяло получить экономический эффект [13, 24].

Устройство механической очистки СХТ сравнивали с мойкой высокого давления BOSCH Advanced Aquatak 150, которая обладает высокой эффективностью и позволяет получить высокую степень очистки [2].

Исходные данные, мойки высокого давления BOSCH Advanced Aquatak 150 и разработанного устройства механической очистки СХТ, представлены в таблице 4.5 [13, 79].

Таблица 4.5 - Исходные данные для расчета экономической целесообразности разработанного устройства

№ п/п	Наименование Показателей	Оборудование очистки деталей СХТ	
		Мойка высокого давления BOSCH Advanced Aquatak 150	Устройство механической очистки СХТ
1	2	3	4
1.	Балансовая стоимость, руб.	21030	-
2.	Компрессор, руб.	-	12875
3.	Часовая ставка оператора установки, руб./час	148	148
4.	Годовой фонд рабочего времени оператора, час	1848	1848
5.	Потребление электроэнергии, кВт	2,2	1,3
6.	Стоимость 1 м ³ абразивного материала, руб.	-	450
7.	Стоимость электроэнергии руб./кВт·ч	4,83	4,83
8.	Стоимость 1 м ³ воды, руб.	27,7	-
9.	Стоимость утилизации 1 м ³ сточных вод, руб.	31,36	-

Экономическая эффективность от внедрения устройства очистки СХТ:

$$Г_{\text{э}} = C_{\text{м}} - C_{\text{у}}, \quad (4.9)$$

где $C_{\text{м}}$ - суммарные эксплуатационные годовые расходы мойкой высокого давления BOSCH Advanced Aquatak 150, руб.;

$C_{\text{у}}$ - суммарные эксплуатационные годовые расходы устройства очистки СХТ, руб. [13, 79].

Суммарные эксплуатационные годовые расходы будут складываться из затрат на оплату труда оператора, электроэнергию, на моющую жидкость или абразивный материал и на приобретение вспомогательных средств [13, 79]:

$$C = Z_{\text{т}} + M + A + Э + O, \quad (4.10)$$

где $Z_{\text{т}}$ - расходы на оплату труда, руб.;

M - расходы на моющую жидкость или абразивный материал, руб.;

A - амортизационные отчисления, руб.;

$Э$ - расходы на электроэнергию, руб.;

O - стоимость оборудования, руб.

В сумму капиталовложений включены затраты на изготовление устройства механической очистки СХТ [13, 24].

Расходы на изготовление комплектующих деталей устройства механической очистки СХТ:

$$I_y = Z_m + I_n, \quad (4.11)$$

где Z_m - стоимость материала заготовок, руб. ($Z_m = 930$ руб.);

I_n - общепроизводственные затраты, руб..

Расходы на изготовление оригинальных деталей устройства механической очистки СХТ:

$$I_o = Z_m + Z_m, \quad (4.12)$$

где Z_m - оплата труда персонала, занятого при изготовлении оригинальных деталей разработанного устройства, руб. ($Z_m = 4290$ руб.).

$$I_o = 930 + 4290 = 5220 \text{ руб.}$$

Накладные расходы на изготовление устройства очистки СХТ:

$$I_n = I_o + P_n, \quad (4.13)$$

где P_n - процент от производственных затрат ($P_n = 62 \%$).

$$I_n = 5220 + 3236 = 8457 \text{ руб.}$$

В итоге затраты на изготовление устройства механической очистки деталей СХТ составили исходя из формулы [13, 24]:

$$I_y = 930 + 8457 = 9387 \text{ руб.}$$

Оплату труда обслуживающего персонала вычисляли по формуле:

$$Z_T = C_q \cdot n \cdot K_z \quad (4.14)$$

где C_q - часовая тарифная ставка, руб.;

n - количество операторов, чел.;

K_z - годовая нормативная наработка, ч.

Часовая тарифная ставка оператора:

$$C_q = M_{\text{пот}} \cdot K_o \div (t_{\text{пдн}} \cdot t_{\text{пч}}), \quad (4.15)$$

где $M_{\text{пот}}$ - минимальный размер оплаты труда;

« $t_{pдн}$ - среднее расчётное количество рабочих дней в месяце, $t_{pдн} = 22$ дн.;

$t_{pч}$ - среднее количество рабочих часов в рабочем дне, $t_{pч} = 7$ ч» [24].

K_o - коэффициент учитывающий отчисления на социальное страхование; $K_o = 2,02$;

$$C_u = 11280 \cdot 2,02 \div (22 \cdot 7) = 148 \text{руб.}$$

$$З_m = 1 \cdot 148 \cdot 1848 = 273504 \text{руб.}$$

Годовые расходы на моющую жидкость складываются из затрат на потребление и слив воды:

$$M = (P_e \cdot \beta) \cdot m_e, \quad (4.16)$$

где P_e - часовой расход воды, м³/час;

β - коэффициент использования рабочего времени основной операции, $\beta = 0,7$;

m_e - стоимость водопотребления и утилизации загрязненной воды, руб./м³ [24].

$$З_e = (336 \cdot 7 \cdot 22 \cdot 12 \div 1000) \cdot 59,06 = 36676 \text{руб.}$$

Годовые расходы на приобретение абразивного материала (древесных опилок):

$$M = (P_{аб} \cdot \beta) \cdot m_{аб}, \quad (4.17)$$

где $P_{аб}$ - часовой расход абразива, кг/час;

$m_{аб}$ - стоимость абразива, руб./кг [13, 24].

$$З_a = (14 \cdot 7 \cdot 22 \cdot 12 \div 1000) \cdot 450 = 11643 \text{руб.}$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A = B \cdot \alpha, \quad (4.18)$$

где B - балансовая стоимость сравниваемого оборудования, руб.;

α - коэффициент амортизационных отчислений, $\alpha = 0,125$ [79].

$$A_m = 21030 \cdot 0,125 = 2629 \text{руб.}$$

$$A_y = 22262 \cdot 0,125 = 2783 \text{руб.}$$

Таблица 4.6 - Результаты экономической эффективности от внедрения устройства механической очистки СХТ

№ п/п	Наименование затрат	Оборудование очистки деталей СХТ	
		Мойка высокого давления BOSCH Advanced Aquatak 150	Устройство механической очистки деталей
1	2	3	4
1.	Расходы на изготовление одной единицы устройства, руб	-	9387
2.	Расходы на оплату труда оператора с отчислениями, руб.	273504	273504
3.	Расходы на электроэнергию, руб.	13389	8033
4.	Расходы на абразивный материал (древесные опилки), руб.	-	11643
5.	Расходы на водоснабжение и водоотведение, руб.	36676	-
6.	Амортизационные отчисления, руб.	2629	2783
7.	Суммарные годовые эксплуатационные затраты, руб.	347228	318125
8.	Годовой экономический эффект, руб.		29103

Расходы на электроэнергию:

$$\mathcal{E} = M_{\mathcal{E}} \cdot \beta \cdot C_{\mathcal{E}}, \quad (4.19)$$

где $M_{\mathcal{E}}$ - расход электроэнергии при выполнении основной операций, кВт;

β - коэффициент использования рабочего времени основной операции, $\beta = 0,7$;

$C_{\mathcal{E}}$ - стоимость электроэнергии, руб./кВт·ч [13, 24].

Расходы на электроэнергию при работе мойки высокого давления BOSCH Advanced Aquatak 150:

$$\mathcal{E}_m = (1,5 \cdot 7 \cdot 22 \cdot 12) \cdot 4,83 = 13389 \text{ руб.}$$

Расходы на электроэнергию при работе разработанного устройства в течение года:

$$\mathcal{E}_y = (0,9 \cdot 7 \cdot 22 \cdot 12) \cdot 4,83 = 8033 \text{ руб.}$$

Суммарные эксплуатационные годовые расходы мойкой высокого давления BOSCH Advanced Aquatak 150 составили:

$$C_m = 273504 + 36676 + 2629 + 13389 + 21030 = 347228 \text{ руб.}$$

Суммарные эксплуатационные годовые расходы устройства механической очистки СХТ составили:

$$C_y = 273504 + 11643 + 2783 + 8033 + 12875 + 9387 = 318125 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения разработанного устройства составил:

$$G_y = (347228 - 318125) = 29103 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения разработанного устройства механической очистки деталей СХТ от консервационного материала составил 29103 руб. [13, 24].

Выводы по главе 4

1. На основании проведенных экспериментов по исследованию аэродинамических показателей абразивных частиц, где определялось количество уносимых частиц от средневзвешенного размера частиц и скорости воздушного потока, были выбраны древесные опилки размером от 0,8 до 1,2 мм.

2. Оптимальными параметрами работы экспериментального устройства, при которых достигается максимальная степень очистки экспериментального образца масса частицы абразивного материала 0,34 мг, диаметр куста щетки 5 мм и угловая скорость вала ротора 52 с^{-1} .

3. Степень очистки образца зависит от материала щеток. Наилучшая степень очистки образца от консервационного материала (около 96 %) за 18 сек. достигается при использовании металлических щеток. Однако использование металлических щеток приводит к повреждению очищаемых поверхностей. Применение пластиковых щеток позволяет достичь

необходимую степень очистки соединений (около 94 %) без повреждения очищаемой поверхности, в связи с этим для очистки стыковых сварных соединений СХТ при расконсервации целесообразно использовать пластиковые щетки.

4. Использование разработанного устройства позволило на 4% увеличить эффективность очистки СХТ от консервационного материала по сравнению с гидроструйным способом очистки, а также можно отметить снижение на 20...25 % удельного расхода энергии на осуществление процесса механической очистки. Для обеспечения допустимой степени очистки одного м^2 расконсервируемой поверхности СХТ (остаточный консервационный материал 1 г/м^2) необходимо затратить 0,195 кВт·ч электроэнергии, при этом трудоемкость составляет 0,21 чел-ч. Общее время операции по очистке для зерноуборочного комбайна Брянсксельмаша КЗС-1218 «ДЕСНА-ПОЛЕСЬЕ GS12» составляет 69,3 мин., сеялки СЗУ-6 «МордовАгроМаш» – 39,7 мин. и МТЗ-82.1 – 52,6 мин.

6. Годовой экономический эффект от внедрения устройства механической очистки техники составил 29103 рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Для очистки стыковых сварных соединений от консервационного материала при снятии с хранения СХТ наиболее эффективным является способ комплексного применения воздушно-абразивной струи и механического воздействия щеток.

2. Для совершенствования процесса очистки стыковых сварных соединений предложена схема устройства механической очистки СХТ.

3. Теоретически определено время разгона частиц до скорости воздушного потока, при скорости воздушного потока 6 м/с время разгона частиц составляет $5,8 \cdot 10^{-4}$ с, при скорости воздушного потока 8 м/с - время разгона частиц $5,5 \cdot 10^{-4}$ с и при скорости воздушного потока 10 м/с - время разгона частиц $5,2 \cdot 10^{-4}$ с.

4. Установлено, что оптимальными параметрами работы экспериментального устройства механической очистки СХТ, при которых достигается максимальная степень очистки стыковых сварных соединений являются: масса частицы абразивного материала 0,34 мг, диаметр куста щетки 5 мм и угловая скорость вала ротора 52 с^{-1} , с применением пластиковых щеток.

5. Годовой экономический эффект от внедрения разработанного устройства механической очистки СХТ от консервационного материала составил 29103 рублей.

Рекомендации производству

Обоснование параметров устройства очистки СХТ способствует повышению производительности очистки и экономии ресурсов. Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть использованы организациями, занимающимися созданием оборудования пневмомеханического действия.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В дальнейшем планируются исследования повышения производительности механического способа очистки поверхности стыковых сварных соединений при расконсервации техники, обеспечивающего автоматическую подачу абразивного материала и его многократное использование при непрерывной работе устройства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Астанин В.К.** Проверка качества восстановленных деталей гальваническим методом / В.К. Астанин, О.А. Брюховецкий, И.А. Спицин // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы международной научно-практической конференции. - Воронеж, 2018. - С. 218-221.
2. **Астахова Е.М.** Повышение эффективности подготовки сельскохозяйственных машин к хранению средствами машинно-технологических станций с разработкой методики оценки качества: специальность 05.20.03 «Технологии и средства технического диагностирования в сельском хозяйстве»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Е.М. Астахова; Рязанская сельскохозяйственная академия имени профессора П.А. Костычева. – Рязань, 2007. – 169 с.
3. **Бровченко А.Д.** Оценка эффективности использования современных способов и технологий для наружной мойки сельскохозяйственных машин / А.Д. Бровченко, А.Д. Нехаев // Проблемы развития технологий создания, сервисного обслуживания и использования технических средств в агропромышленном комплексе: Материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2017. – С. 240-246.
4. Влияние величины зазора на скорость щелевой коррозии автотракторной техники / Н.В. Бышов, И.А. Успенский, А.А. Цымбал [и др.] // Известия АУК. – 2020. – № 2. – С.
5. Влияние гидравлического давления вращающейся струи на загрязненную поверхность / А.В. Кирилин, О.А. Ваулина, В.В. Терентьев, А.В.Шемякин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2017. № 2 (5) С. 138-144.

6. Влияние температуры растворов синтетических моющих средств на их моющую способность / В.В. Быков, Б.П. Загородских, А. Н. Ременцов, В.М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1(53). – С. 249-255.
7. Водоохранные технологии как источник воздействия на окружающую среду / Н.С. Серпокровлов, В.А. Онкаев, В.Д. Бараев [и др.] // В сборнике: Природно-ресурсный потенциал Прикаспия и сопредельных территорий: проблемы рационального использования: материалы V региональной студенческой научно-практической конференции. – Элиста, 2018. – С. 117-122.
8. **Голубев И.Г.** Состояние и перспективы обновления парка сельскохозяйственной техники / П.И. Бурак, И.Г. Голубев // Техника и оборудование для села. – 2019. – №10. – С. 2-5.
9. ГОСТ 19537-83. Смазка пушечная. Технические условия. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 5 с.
10. ГОСТ 6388-91. Щетки зубные. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1992. - 14 с.
11. ГОСТ 7751-2009. Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения. –М. : Изд-во стандартов, 2011. – 22 с.
12. ГОСТ 9.103-78. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Временная противокоррозионная защита металлов и изделий. Термины и определения – М.: Изд-во стандартов, 1987. - 14 с.
13. ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки – М.: Стандартинформ, 2009 – 20 с.
14. ГОСТ Р 9.905 – 2007. Единая система защиты от коррозии и старения. Методы коррозионных испытаний. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2007. – 17 с.
15. ГОСТ Р ИСО 8501-1-2014. Подготовка стальной поверхности перед нанесением лакокрасочных материалов и относящихся к ним

продуктов. Визуальная оценка чистоты поверхности Часть 1. – М. : Изд-во стандартов, 2014. – 12 с.

16. Диагностика поверхностного слоя материалов абразивно-жидкостной ультразвукой/ Л.В. Судник, А.Л. Галиновский, И.Н. Кравченко [и др.] // Технология металлов. - 2021. - № 6. - С. 22-30.

17. **Дусенов М. К.** Повышение эффективности сухой очистки корнеклубнеплодов путем обоснования параметров роторно-щеточного устройства: специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / М.К. Дусенов; Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова – Саратов, 2011. – 192 с.

18. **Жильцов К.А.** Технология и устройство для очистки деталей двигателей внутреннего сгорания ледно-кавитационными струями: специальность 05.20.03 «Технологии и средства технического диагностирования в сельском хозяйстве»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / К.А. Жильцов; Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.К. Беяева. – Иваново, 2011. – 135 с.

19. Ингибитор коррозии металлов для использования при ремонте автотракторной техники / Н.В. Бышов, С.Д. Полищук, И.В. Фадеев, Ш.В. Садетдинов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2019. – № 2. – С. 257-262.

20. Исследование процесса изнашивания рабочих органов смесительного оборудования абразивной смесью / И.Н. Кравченко, М.Н. Ерофеев, Н.И. Саляев, Д.А. Бумарсков // Строительные и дорожные машины. - 2018. - № 1. - С. 27-31.

21. Исследование способа очистки деталей сельскохозяйственных машин от консервационного материала с использованием устройства струйно-щеточного действия/ М.Ю. Костенко, А.В. Шемякин, А.В. Подъяблонский [и

др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. - 2012. - № 3 (15). - С. 51-53.

22. Исследование способов улучшения моющих и противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств/ Н.В. Бышов, И.А. Успенский, И.А. Юхин [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 25 (275). С. 42-44.

23. **Карнаушко Е.В.** Ресурсосберегающая технология гидродинамической очистки тепловозных узлов и деталей при ремонте: специальность 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Е.В. Карнаушко. – Москва; Всерос. науч.-исслед. ин-т ж.-д. трансп. МПС РФ, 2002. – 184 с.

24. **Кирилин А.В.** Обоснование параметров устройства мойки сельскохозяйственных машин: специальность 05.20.03 «Технологии и средства технического диагностирования в сельском хозяйстве»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / А.В. Кирилин. – Рязань; Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, 2019.- 124 с.

25. **Киселев И.А.** Анализ способов и технологий хранения сельскохозяйственной техники / И.А. Киселев // Новая наука: стратегии и векторы развития. – 2016. – № 118-2. – С. 180-182.

26. **Королев А.И.** Разработка технологии мойки колес автомобилей при транспортировке сельскохозяйственной продукции /И.С. Киселев, Е.В. Пухов, А.И.Королев. // Проблемы развития технологий создания, сервисного обслуживания и использования технических средств в агропромышленном комплексе: Материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2017. - С. 172-175.

27. **Королев А.И.** Экспериментальные исследования по совершенствованию очистных работ колес сельскохозяйственной техники, тракторов и автомобилей / И.С. Киселев, А.И. Королев, Е.В. Пухов //

Наука, образование и инновации в современном мире: Материалы национальной научно-практической конференции. - Воронеж 2018. - С. 390-393.

28. **Кравченко А.М.** Технологические приемы и средства механизации обеспечения сохранности сельскохозяйственной и автомобильной техники: специальность 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства»; 05.20.03 «эксплуатация, восстановление и ремонт сельскохозяйственной техники»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук /А.М. Кравченко. – Рязань; Рязанская государственная сельскохозяйственная академия имени профессора П.А. Костычева, 2000. – 464 с.

29. **Кузнецов Е.С.** Очистка изделий в машиностроении. / Ю.С. Козлов, О.К. Кузнецов, Н.Ф. Тельнов. – М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.

30. **Латышенко М.Б.** Обоснование ресурсосберегающих технологических приемов и разработка средств механизации для подготовки сельскохозяйственных машин к длительному хранению: специальность 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства»; 05.20.03 «эксплуатация, восстановление и ремонт сельскохозяйственной техники»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук /М.Б. Латышенко. – Рязань; Рязанская государственная сельскохозяйственная академия имени профессора П.А. Костычева, 1999. – 332 с.

31. **Малюгин С.Г.** Совершенствование технологии наружной очистки сельскохозяйственной техники с обоснованием параметров и режимов работы установки водовоздушной мойки: специальность 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук /С.Г. Малюгин. – Рязань; Рязанская государственная сельскохозяйственная академия имени профессора П.А. Костычева, 1998. – 158 с.

32. **Матюнин В.П.** Механика жидкости газа. Введение в гидрогазодинамику: учеб. пособие / В.П. Матюнин. 2-е изд., испр. и доп. — Пермь: Перм. гос. техн. ун-т., 2005. — 80 с.

33. Механическая очистка деталей сельскохозяйственной техники от консервационного материала / М.Б. Латышенко, А.В. Шемякин, А.В. Подъяблонский [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2012. № 2. С. 28-29.

34. **Митрохина Е.В.** Обзор боратных ингибиторов для синтетических моющих сред / Е.В. Митрохина, Ш.В. Садетдинов, Д.А. Пестряев // В сборнике: Подготовка кадров на технолого-экономическом факультете: традиции и направления развития: Сборник Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. — Чебоксары, 2020. — С. 104-112.

35. **Морозова Н.М.** Технология и организация подготовки и хранения зерноуборочных комбайнов: специальность 05.20.03 «Технологии и средства технического диагностирования в сельском хозяйстве»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Н.М. Морозова. — Рязань; Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, 2012. - 189 с.

36. Моющие средства, их использование в машиностроении и регенерация. / Н.Ф. Тельнов, Ю.С. Козлов, О.К. Кузнецов, И.А. Тулаев. — М.: Машиностроение, 1993. — 202 с.

37. **Недолужко В.В.** Анализ способов и методов подготовки наружных поверхностей автотранспортных средств к покраске / В.В. Недолужко // Мир транспорта и технологических машин. - 2009. - № 1 (24). - С. 39-47.

38. **Нуриев И.И.** Характеристики многоканального разряда между проточным электролитическим катодом и металлическим анодом при атмосферном давлении: специальность 01.05.02 «Механика жидкости, газа и плазмы»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических

наук / И.М. Нуриев; Казань: Казан. гос. техн. ун-т им. А.Н. Туполева, 2005. – 122 с.

39. Определение оптимальной продолжительности процесса мойки деталей в растворе синтетического моющего средства / И.А. Успенский, И.В. Фадеев, Е.В. Митрохина, С.Н. Кулик // Техника и оборудование для села. – 2020. – №8 (278) С. 42-44.

40. Особенности технологий гальванических покрытий применяемых при защите автомобильной техники от коррозии / Р.Р. Филимонов, В.В. Емцев, А.В. Тылик, В.К. Астанин // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы национальной научно-практической конференции. - Воронеж, 2021. - С. 368-371.

41. Оценка приспособленности конструктивных элементов автотракторной техники к консервации / И.Н. Кравченко, В.М. Корнеев, Ю.В. Катаев [и др.] // Сельский механизатор. - 2018. - № 2. - С. 46-48.

42. Очистка поверхностей деталей при их восстановлении / И.Н. Кравченко, А.Ф. Сливов, В.М. Корнеев, Ю.В. Катаев // Сельский механизатор. - 2019. - № 8. - С. 38-40.

43. Патент № 115250 Российская Федерация, МПК В08В1/00. Устройство для механической очистки деталей : № 2011146177/05 : 14.11.2011 : опубл. 27.04.2012 / А.В. Шемякин, М.Б. Латышенок, А.В. Подъяблонский [и др.]; заявитель Подъяблонский Алексей Валерьевич. - 2 с.

44. Патент № 125897 Российская Федерация, МПК В05В07/12. Пневматический распылитель : № 2012128602/05 : заявл. 06.07.12 : опубл. 20.03.2013 / А.В. Шемякин, М.Б. Латышенок, А.В. Подъяблонский [и др.]; заявитель ФГБОУ ВПО РГАТУ - 2 с.

45. Патент № 139645 Российская Федерация, МПК В08В1/00. Устройство для очистки деталей сельскохозяйственной техники от консервационного материала : № 2013134798/05 : 23.07.2013 : опубл. 20.04.2014. / А. В. Шемякин, М.Б. Латышенок, М.Ю. Костенко, А.В. Подъяблонский, заявитель Подъяблонский Алексей Валерьевич. – 2 с.

46. Патент № 183001 Российская Федерация, МПК В05В 3/02, В05В 3/12. Устройство для создания вращающейся гидравлической струи : № 2018119651 : заявл. 28.05.18 : опубл. 07.09.2018 / А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, М.Б. Латышенок [и др.]; заявитель ФГБОУ ВО РГАТУ. - 9 с.

47. Патент № 2441781 Российская Федерация, МПК В60S1/00, В08В3/02. Устройство для мойки двигателей : № 2010132396/11 : заявл. 02.08.10 : опубл. 10.02.2012 / А.В. Шемякин, К.А. Жильцов, Н.М. Тараканова. ; заявитель ФГБОУ ВПО РГАТУ. – 7 с. : ил.

48. Патент № 25477 Российская Федерация, МПК В60S3/04. Сопло для моечных установок : № 2002106051/20 : заявл. 15.03.02 : опубл. 10.10.2002 / А.В. Шемякин, С.Г. Малюгин., М.Б. Латышенок, Р.А. Паюров; заявитель Рязанская государственная сельскохозяйственная академия им. проф. П.А. Костычева. - 4 с.

49. Патент №2534985 Российская Федерация, МПК С10М173/00, С10 М129/34, С10М159/02, С10М101/02, С10N30/12. Защитная смазка для стыковых и сварных соединений деталей сельскохозяйственной техники : № 2013145119/04 : заявл. 08.10.2013 : опубл. 10.12.2014 / М.Б. Латышенок, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, А.В. Подъяблонский; заявитель ФГБОУ ВПО РГАТУ – 6 с.

50. **Петрашев А.И.** Совершенствование технологических процессов и ресурсосберегающих средств консервации сельскохозяйственной техники при хранении: специальность 05.20.03 «Технология и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / А.И. Петрашев; Саратов: ГНУ ВИИТиН, 2007. - 400 с.

51. Повышение противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств для мойки деталей / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев, Г.А. Александрова, Ш.В. Садетдинов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2019. – № 45. – С. 20-24.

52. Повышение эффективности мойки деталей при ремонте автомобилей / В.В. Быков, Б.П. Загородских, Ш.В. Садетдинов, В.М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – №1(53). – С. 358-363 (17)

53. Повышение эффективности противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственных машин консервационными материалами/ А.В. Шемякин, М.Б. Латышенко, А.В. Подьяблонский [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. 2016. № 2 (65). С. 87-91.

54. Повышение эффективности работы очистки зерноуборочного комбайна / Д.Н. Посохов, Е.В. Козлова, А.С. Корнев, В.И. Орбинский// Молодежный вектор развития аграрной науки: Материалы 70-й научной студенческой конференции. - Воронеж, 2019. - С. 114-129.

55. **Подьяблонский А.В.** Защитная смазка для защиты техники от коррозии / А.В. Подьяблонский, Н.В. Аникин, А.В. Шемякин // В книге: Горинские чтения. Инновационные решения для АПК: Материалы Международной студенческой научной конференции. В 4-х томах. – Майский, 2020. С. 34.

56. **Подьяблонский А.В.** Анализ вариантов технического обслуживания сельскохозяйственной техники в подсобных хозяйствах учреждений уголовно-исполнительной системы / А.В. Подьяблонский // Уголовно-исполнительная система на современном этапе и перспективы ее развития: сборник тезисов выступлений и докладов участников Международной научно-практической конференции. - Рязань, 2020. С. 56-58.

57. **Подьяблонский А.В.** Оценка коррозионного воздействия на технику в учреждениях уголовно-исполнительной системы / А.В. Подьяблонский // Сборник тезисов выступлений и докладов участников, к 140-летию уголовно-исполнительной системы России и 85-летию Академии ФСИН России, в 10-ти томах. 2019. С. 176-178.

58. **Подьяблонский А.В.** Результаты лабораторных исследований экспериментальной установки для очистки деталей машин / А.В. Подьяблонский // Сборник тезисов выступлений и докладов участников Международной научно-практической конференции. Академия ФСИН России. 2017. С. 281-283.

59. **Подьяблонский А.В.** Совершенствование процесса межсезонного хранения сельскохозяйственной техники / А.В. Подьяблонский // В книге: Актуальные вопросы материально-технического снабжения органов и учреждений уголовно-исполнительной системы: Сборник материалов Всероссийского научно-практического круглого стола. Академия ФСИН России. – Рязань, 2017. С. 84-88.

60. **Подьяблонский А.В.** Способ защиты сельскохозяйственной техники от коррозии при хранении / А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, А.В. Подьяблонский // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. – Рязань, 2017. С. 417-422.

61. Получение ингибиторов коррозии черных металлов методом физико-химического анализа / И.А. Успенский, И.В. Фадеев, С.Н. Кулик [и др.] // Вестник РГАТУ – 2020 – №2. – С. 90-96.

62. **Попов А.С.** Технология наружной очистки сельскохозяйственной техники с обоснованием параметров и режимов работы установки кавитационного действия: специальность 05.20.03 «Технология и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / А.С. Попов. – Рязань: Рязан. гос. с.-х. акад. им. П. А. Костычева, 2001. – 147 с.

63. **Прохоренков В.Д.** Разработка методов противокоррозионной защиты и технологических процессов хранения сельскохозяйственной техники: специальность 05.17.03 «Технология электрохимических процессов и

защита от коррозии»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / В.Д. Прохоренков. – Тамбов, 2002. – 399 с.

64. **Пухов Е.В.** Разработка технического средства для исследования процесса очистки донья конвейера свеклоуборочных машин от почвенных масс / Е.В.Пухов, В.С. Волков // Международный технико-экономический журнал, 2021. № 4.- С. 87-92.

65. **Пучин Е.А.** Практикум по хранению и защите от коррозии сельскохозяйственной техники: учебно-методические рекомендации / А.Э. Северный, Е.А. Пучин, В.Е. Рязанов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 160 с.

66. Разработка метода дискретной абразивно-жидкостной ультразвуковой диагностики материалов / А.Л. Галиновский, И.Н. Кравченко, Д.А. Мартысюк [и др.] // Проблемы машиностроения и автоматизации. - 2021. - № 4. - С. 88-99.

67. Разработка методики проведения эксперимента по очистки конвейера свеклоуборочных машин / В.С. Волков, В.А. Следченко, Е.В. Пухов [и др.] // Проблемы развития технологий создания, сервисного обслуживания и использования технических средств в агропромышленном комплексе: Материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2017. - С. 118-122.

68. Разработка нового средства для защиты сельскохозяйственных машин при хранении / Н.В. Бышов, С.Н. Борячев, И.А. Успенский, И.В. Фадеев // Техника и оборудование села. - 2019. - № 6 (264). - С. 38-42.

69. **Ременцов А.Н.** Мойка деталей при ремонте автомобилей с применением нового соединения/ И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов // В сборнике: наука, производство, образование: состояние и направления развития. Сборник научных трудов. - Чебоксары, 2019. С. 75-80.

70. **Ретюнских В.Н.** Способ и установка для беспылевого гидropескoйтруйного удаления загрязнений с наружной поверхности сельскохозяйственной техники: специальность 05.20.03 «Технология и

средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / В.Н. Ретюнских; - Рязань: Рязан. гос. с.-х. акад. им. П. А. Костычева, 2001. -165 с.

71. **Серпокрылов Н.С.** Доочистка пермеата производственных сточных вод рыбокомбината / Н. Б. Бондаренко, Н. С. Серпокрылов // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии : Сборник статей 78-ой всероссийской научно-технической конференции – Самара: Самарский государственный технический университет, 2021. – С. 618-625.

72. **Серпокрылов Н.С.** Снижение негативного воздействия углеродного следа от очистных сооружений сточных вод / С. Н. Резникова, Н. С. Серпокрылов // Актуальные проблемы науки и техники. 2021 : Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Ростов-на-Дону. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2021. – С. 153-154.

73. **Серпокрылов Н.С.** Влияние процента заполнения модифицированного вращающегося биофильтра биозагрузкой на окислительную способность/ С.А. Марам, Н.С. Серпокрылов// В книге: актуальные проблемы науки и техники: материалы национальной научно-практической конференции. 2020. С. 369-371.

74. **Серпокрылов Н.С.** Влияние типа загрузки на окислительную способность модифицированного погружного вращающегося биофильтра/ М.А. Саид, Н.С. Серпокрылов, В.В. Нелидин // градостроительство и архитектура. 2020. т. 10. № 4 (41). с. 60-68.

75. **Серпокрылов Н.С.** Воздействие минеральных масел и нефтепродуктов на экологическое равновесие окружающей среды / В.Г. Эрендженов, Н.С. Серпокрылов, В.А. Онкаев [и др.] // В сборнике: природно-ресурсный потенциал прикаспия и сопредельных территорий: проблемы рационального использования: материалы V региональной студенческой научно-практической конференции. – Элиста, 2018. – С. 153-156.

76. Совершенствование процесса межсезонного хранения сельскохозяйственной техники / М.Б. Латышенко, А.В. Шемякин, А.В. Подъяблонский [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2010. № 3 (7). С. 69-70.

77. Совершенствование технологического процесса антикоррозионной обработки сельскохозяйственной техники / Д.А. Григорьев, А.Д. Бровченко, Е.В. Пухов, И.А. Спицин. // Современные научно-практические решения в АПК: Материалы международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2017. - С. 155-158.

78. Современные способы повышения эффективности процесса очистки сельскохозяйственных машин / А. В. Шемякин, В.В. Терентьев, К.П. Андреев, Е.Г. Кузин // Международный научный журнал. 2017. № 2. -С. 95-99.

79. **Тараканова Н.М.** Технология и устройство для очистки сельскохозяйственных машин с использованием абразивно-кавитационной струи: специальность 05.20.03 «Технология и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Н.М. Тараканова.– Рязань, Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, 2011. – 152 с.

80. **Терентьев В.В.** Разработка установки для двухслойной консервации сельскохозяйственной техники и обоснование режимов ее работы: специальность 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / В.В. Терентьев.– Рязань: Рязан. гос. с.-х. акад. им. П. А. Костычева, 1999. – 173 с.

81. **Терентьев В.В.** Способы и устройство для очистки деталей двигателей сельскохозяйственных машин перед ремонтом/ А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, А.В. Подъяблонский // В сборнике: Перспективные

технические решения в сфере эксплуатации автотранспортных и сельскохозяйственных машин: материалы всероссийской научно-практической конференции. – Тверь, 2013. - С. 44-47.

82. **Терентьев В.В.** Анализ технологического процесса подготовки техники к хранению / А.В. Кирилин, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // В сборнике: Приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России: Материалы Национальной научно-практической конференции. – Рязань, 2019. - С. 192-197.

83. Термопароабразивоструйная очистка загрязненных поверхностей деталей / И.Н. Кравченко, А.А. Севрюков, В.М. Корнеев [и др.] // Ремонт. Восстановление. Модернизация. - 2019. - № 5. - С. 20-24.

84. Технологические методы повышения долговечности деталей машин / Ю.А. Кузнецов, И.Н. Кравченко, А.А. Севрюков, М.А. Глинский // Технология металлов. - 2019. - № 5. - С. 34-40.

85. **Успенский И.А.** Улучшение защитных свойств противокоррозионной мастики / И.А. Успенский, И.В. Фадеев, А.И. Ушанев [и др.] // Вестник РГАТУ – 2020 – №2. – С. 96-101.

86. Установка для очистки двигателей сельскохозяйственных машин / А.М. Баусов, А.В. Шемякин, А.В. Подъяблонский [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. № 11. С. 24-25.

87. **Ушанев А.И.** Обоснование параметров установки гидравлического нанесения защитного покрытия сельскохозяйственной техники: специальность 05.20.03 «Технология и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / А.И. Ушанев.– Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, 2018 – 133 с.

88. **Фадеев И.В.** Ингибитор коррозии для растворов синтетических технологических средств / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев // Перспективы развития механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного

производства: материалы Всероссийской науч.-практич. конференции. – Чебоксары: ЧГСХА, 2019. – С. 411-417.

89. **Фадеев И.В.** Исследование влияния компонентов агрессивной среды дорожного полотна на коррозию днища кузова легкового автомобиля: специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / И.В. Фадеев. – Москва: МАДИ, 2010. - 223 с.

90. **Фадеев И.В.** К вопросу защиты черных металлов от коррозии /С.Н. Кулик, Е.В. Митрохина, И.В. Фадеев // В сборнике: Подготовка кадров на технолого-экономическом факультете: традиции и направления развития: Сборник Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Чебоксары: ЧГПУ им. И.Я. Яковлева. – 2020. С. 93-98.

91. **Фадеев И.В.** К вопросу улучшения свойств синтетических моющих средств для мойки деталей мобильной техники / Н.В. Бышов, И.В. Фадеев // В сборнике: Наука, производство, образование: состояние и направления развития: сборник научных трудов. – Чебоксары: ЧГПУ им. И.Я. Яковлева, 2019. – С. 23-29.

92. **Фадеев И.В.** Повышение циклической прочности стали в коррозионной среде / И.В. Фадеев, Е.В. Митрохина, Ш.В. Садетдинов // В сборнике: Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений: Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. - Рязань, 2020. – С. 295-299.

93. **Фадеев И.В.** Повышение эффективности технологического процесса мойки при ремонте автомобилей в сельском хозяйстве: специальность 05.20.03 «Технология и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / И.В. Фадеев. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, 2019. – 395 с.

94. **Фадеев И.В.** Совершенствование технологического процесса мойки деталей при ремонте узлов и агрегатов транспортных средств: монография / И.В. Фадеев – Чебоксары: Изд-во Волжского филиала МАДИ, 2018. – 284 с.

95. **Черноиванов В.И.** Очистка и мойка машин и оборудования / В.И. Черноиванов, В.Н. Лосев, А.Л. Быстрицкая. – М.: ГОСНИТИ, 1998. – 99 с.

96. **Шемякин А.В.** Совершенствование организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств: специальность 05.20.03 «Технология и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / А.В. Шемякин. – Мичуринск, 2014. – 308 с.

97. **Шемякин А.В.** Совершенствование технологии подготовки сельскохозяйственных машин к покраске с обоснованием параметров и режимов работы установки по обезжириванию наружных поверхностей: специальность 05.20.03 «Технология и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / А.В. Шемякин – Рязань: Рязан. гос. с.-х. акад. им. П. А. Костычева, 2004 – 172 с.

98. **Шемякин, А.В.** Результаты лабораторных испытаний установки для очистки сельскохозяйственной техники от консервационного материала и продуктов коррозии при снятии ее с хранения/ А.В. Шемякин, А.В. Подъяблонский // В сборнике: научные приоритеты в АПК: инновационные достижения, проблемы, перспективы развития: Международная научно-практическая конференция. – Рязань, 2013. - С. 187-191.

99. **Юдаков Е.Г.** Разработка технологии и оборудования для ультразвуковой очистки корпусных деталей автотракторных двигателей: специальность 05.02.08 «Технология машиностроения»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Е.Г. Юдаков. – Москва: МАДИ, 2013. – 182 с.

100. Development of a method of discrete abrasive ultrajet liquid testing of materials / A.L. Galinovsky, I.N. Kravchenko, D.A. Martysyuk [and others] // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2021. T. 50. № S1. C. 93-102.

101. Diagnostics of the surface layer of materials by an abrasive-liquid ultrajet / L.V. Sudnik, A.L. Galinovskii, N.V. Kobernik [and others] // Russian metallurgy (Metally). 2021. T. 2021. № 13. C. 1725-1730.

102. Effect of component surface preparation on coating adhesive strength during plasma spraying / I.N. Kravchenko, S.V. Kartsev, S.A. Velichko [and others] // Refractories and Industrial Ceramics. 2021. T. 62. № 2. C. 168-174.

103. Influence of the droplet size on the uniformity of the distribution of protective material over the surface of agricultural machinery / A.I. Ushanev, I.A. Uspenskiy, A.V. Podyablonskiy [and others] // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Russian Conference on Technological Solutions and Instrumentation for Agribusiness, TSIA 2019. 2020. C. 012048

104. Prevention of corrosion fracture of agricultural equipment during storage / K. Zabara, A. Shemyakin, A. Podyablonskiy [and others] // В сборнике: E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. C. 06002.

105. **Yang L.** The Study of Atmospheric Corrosion of Carbon Steel and Aluminum under Salt Deposit Using Coupled Multielectrode Array Sensors / L. Yang, R.T. Pabalan, D.S. Dunn // the 204th Meeting of the Electrochemical Society – Abstract 465, Extended Abstract Volume 2003-II (Pennington, NJ: Electrochemical Society, 2003).

ПРИЛОЖЕНИЕ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011146177/05, 14.11.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.11.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.11.2011

(45) Опубликовано: 27.04.2012 Бюл. № 12

Адрес для переписки:

391160, Рязанская обл., Пронский р-н,
г.Новомичуринск, ул. Вишневая, 46, А.В.
Подъяблонскому

(19) RU (11)

115 250 (13) U1

(51) МПК

B08B 1/00 (2006.01)

(72) Автор(ы):

Шемякин Александр Владимирович (RU),
Латышёнок Михаил Борисович (RU),
Подъяблонский Алексей Валерьевич (RU),
Володин Вадим Николаевич (RU),
Костенко Михаил Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Подъяблонский Алексей Валерьевич (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ

Формула полезной модели

Устройство для механической очистки деталей, содержащее корпус с крышкой, ротор с лопатками, сообщающую камеру, сопла и щетку, отличающееся тем, что передняя часть ротора снабжена барабаном с радиальными отверстиями, а в устройство дополнительно введены n-1 щетка, где n - количество отверстий в барабане, сообщающая камера, смесительная камера, емкость для абразива, рукоятка с рычагом, прерыватель, пружина и заслонка, при этом крышка, расположенная на задней части ротора, снабжена рукояткой, через которую проходят сообщающие камеры и на которой закреплен рычаг с прерывателем и пружиной, проходящие через эти камеры, причем одна из сообщающих камер подведена к смесительной камере, соединенной с емкостью через заслонку.

RU 115250 U1

RU 115250 U1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(19) RU⁽¹¹⁾139 645⁽¹³⁾ U1

(51) МПК

B08B 3/00 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013134798/05, 23.07.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.07.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.07.2013

(45) Опубликовано: 20.04.2014 Бюл. № 11

Адрес для переписки:

391160, Рязанская обл., Пронский р-н, г.
Новомичуринск, ул. Вишневая, 46,
Подьяблонскому А.В.

(72) Автор(ы):

Шемякин Александр Владимирович (RU),
Латышёнок Михаил Борисович (RU),
Костенко Михаил Юрьевич (RU),
Подьяблонский Алексей Валерьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Подьяблонский Алексей Валерьевич (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ
КОНСЕРВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Формула полезной модели

1. Устройство для очистки деталей сельскохозяйственной техники от консервационных материалов, содержащее корпус, смесительную камеру, сопло и рукоятку, на которой закреплен рычаг с прерывателем, отличающееся тем, что подводящий штуцер, смесительная камера и пароструйное сопло выполнены соосными.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что смесительная камера выполнена в виде эжектора.

3. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что на конце корпуса расположено пароструйное сопло.

4. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что пароструйное сопло имеет шелевую проточку.

5. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что в качестве источника энергии используется вместо сжатого воздуха перегретый пар.

RU 139645 U1

RU 139645 U1

Приложение 2

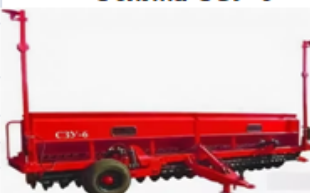
Технические характеристики контрольно-измерительного оборудования

Наименование и марка прибора	Техническая характеристика прибора		Погрешность
	Наименование параметра	Величина	
1. Электронный тахометр «Testo 460»	Предел измерения, об/мин.	0...9999	±0,5%
2. Электронный секундомер SILAPRO 190-008	Предел измерения, часы, минуты, секунды.	9ч.59м. 59,99с.	0,01%
3. Толщиномер покрытий магнитный MT2007	Предел измерения, мк большая шкала малая шкала	0...100 0...10	± 5%
4. Весы M-ER 326AF-6.1 LCD	Предел измерения, мг большая шкала средняя шкала малая шкала	0...500 0...100 0...100	± 0,2 %
5. Счетчик электроэнергии индукционный «СЕТ3а-02-66-05/1п»	Номинальная частота, Гц 50 Номинальное напряжение, В 3×220/380 3×57,7/100 Предел измерения, кВт/ч шкала	0...100	0,5%
6. Аналоговый манометр	Предел измерения, бар	0...10	1,5 %
7. Электроискровой дефектоскоп «Elcometer 236»	Предел измерения, мк большая шкала малая шкала	0...100 0...10	± 5%

Технологическая карта № 1

Технологическая карта № 1						" ДЕСНА-ПОЛЕСЬЕ GS12"	
Очистка деталей и сборочных единиц зерноуборочного комбайна Брянсксельмаша КЗС-1218 «ДЕСНА-ПОЛЕСЬЕ GS12»							
Литература: Каталог деталей и сборочных единиц зерноуборочного комбайна ДЕСНА-ПОЛЕСЬЕ GS12, том 1, 2012г.							
Приборы, оборудование, инструмент: Устойство механической очистки деталей СХТ.							
Трудоемкость 69,3 мин.							
Квалификация исполнителя: Оператор экспериментальной установки 3-го разряда.							
№ операции	Содержание операции	Технические требования	Количество исполнителей	Время операции, мин	Трудоемкость, чел.-ч.	Расконсервация деталей	
Подготовительные операции						Страница 3	
1	Подготовка и сборка агрегата	по инструкции	1	5	0,1		
2	Расположение агрегата вблизи места работы	не ближе 0,2 м	1	0,2	0,003		
3	Заземление агрегата	по инструкции	1	0,3	0,005		
4	Подключение агрегата к сети	напряжение 220В	1	0,1	0,001		
Дополнительные операции							
5	Отработка приемов очистки СХТ		1	3	0,05		
6	Отдых и естественные надобности оператора		1	3	0,05		
Вспомогательные операции							
7	Определение участков поверхности по конфигурации и виду консервационных материалов		1	1	0,016		
8	Перевод устройства на соответствующий режим	плавная регулировка	1	0,1	0,001		
9	Пуск агрегата в работу (по инструкции)	по инструкции	1	0,1	0,001		
10	Остановка агрегата: - уменьшение давления - выключение эл. двигателя насоса	по инструкции	1	1	0,016		
Основные операции							
11	Нажатие (включение) рычага устройства и держать до получения стабильных оборотов ротора		1	0,5	0,008	Страница 4	
13	Перемещать установку (устройство) со скоростью 0,25 – 0,6 м/с		1	31,8	0,53		
14	Очищать поверхности горизонтальными или вертикальными полосами		1	19,7	0,33		
15	Выключение установки (устройство)	по инструкции	1	0,1	0,001		
Заключительные операции							
17	Отключение заземления	по инструкции	1	0,3	0,005		
18	Отключение устройства от сети	по инструкции	1	0,1	0,001		
19	Разборка устройства	по инструкции	1	3	0,05		

Технологическая карта № 2

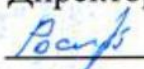
Технологическая карта № 2						"Сеялка СЗУ-6"
Очистка деталей сеялки СЗУ-6 «МордовАгроМаш»						
Литература: Каталог деталей сеялки СЗУ-6 «МордовАгроМаш» , 2012г.						
Приборы, оборудование, инструмент: Устойство механической очистки деталей СХТ.						
Трудоемкость 39,7 мин.						
Квалификация исполнителя: Оператор экспериментальной установки 3-го разряда.						
№ опер	Содержание операции	Технические требования	Количество исполнителей	Время операции, мин	Трудоемкость, чел.-ч.	Примечания
Подготовительные операции						
1	Подготовка и сборка агрегата	по инструкции	1	5	0,1	
2	Расположение агрегата вблизи места работы	не ближе 0,2 м	1	0,2	0,003	
3	Заземление агрегата	по инструкции	1	0,3	0,005	
4	Подключение агрегата к сети	напряжение 220В	1	0,1	0,001	
Дополнительные операции						
5	Отработка приемов очистки СХТ		1	3	0,05	
6	Отдых и естественные надобности оператора		1	3	0.05	
Вспомогательные операции						
7	Определение участков поверхности по конфигурации и виду консервационных материалов		1	1	0,016	
8	Перевод устройства на соответствующий режим	плавная регулировка	1	0,1	0,001	
9	Пуск агрегата в работу (по инструкции)	по инструкции	1	0,1	0,001	
10	Остановка агрегата: - уменьшение давления - выключение эл. двигателя насоса	по инструкции	1	1	0,016	
Основные операции						
11	Нажатие (включение) рычага устройства и держать до получения стабильных оборотов ротора		1	0,5	0,008	
13	Перемещать установку (устройство) со скоростью 0,25 – 0,6 м/с		1	13,8	0,23	
14	Очищать поверхности горизонтальными или вертикальными полосами		1	8,7	0,145	
15	Выключение установки (устройство)	по инструкции	1	0,1	0,001	
Заключительные операции						
17	Отключение заземления	по инструкции	1	0,3	0,005	
18	Отключение устройства от сети	по инструкции	1	0,1	0,001	
19	Разборка устройства	по инструкции	1	3	0,05	

Технологическая карта № 3

Технологическая карта № 3						 "MTZ-82.1" Расконсервация деталей
Очистка деталей и сборочных единиц «MTZ-82.1»						
Литература: Каталог деталей и сборочных единиц MTZ-82.1, 2014г.						
Приборы, оборудование, инструмент: Устойство механической очистки деталей СХТ.						
Трудоемкость 52,6 мин.						
Квалификация исполнителя: Оператор экспериментальной установки 3-го разряда.						
№	Содержание операции	Технические требования	Количество исполнителей	Время операции, мин	Трудоемкость, чел.-ч.	Примечания
Подготовительные операции						
1	Подготовка и сборка агрегата	по инструкции	1	5	0,1	
2	Расположение агрегата вблизи места работы	не ближе 0,2 м	1	0,2	0,003	
3	Заземление агрегата	по инструкции	1	0,3	0,005	
4	Подключение агрегата к сети	напряжение 220В	1	0,1	0,001	
Дополнительные операции						
5	Отработка приемов очистки СХТ		1	3	0,05	
6	Отдых и естественные надобности оператора		1	3	0,05	
Вспомогательные операции						
7	Определение участков поверхности по конфигурации и виду консервационных материалов		1	1	0,016	
8	Перевод устройства на соответствующий режим	плавная регулировка	1	0,1	0,001	
9	Пуск агрегата в работу (по инструкции)	по инструкции	1	0,1	0,001	
10	Остановка агрегата: - уменьшение давления - выключение эл. двигателя насоса	по инструкции	1	1	0,016	
Основные операции						
11	Нажатие (включение) рычага установки и держать до получения стабильных оборотов ротора		1	0,5	0,008	
13	Перемещать установку (устройство) со скоростью 0,25 – 0,6 м/с		1	21,5	0,36	
14	Очищать поверхности горизонтальными или вертикальными полосами		1	13,9	0,23	
15	Выключение установки (устройство)	по инструкции	1	0,1	0,001	
Заключительные операции						
17	Отключение заземления	по инструкции	1	0,3	0,005	
18	Отключение устройства от сети	по инструкции	1	0,1	0,001	
19	Разборка устройства	по инструкции	1	3	0,05	

УТВЕРЖДАЮ

Директор ООО «Рассвет»

 А.М. Ростиллов

«17» июля 2021 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы Подьяблонского Алексея Валерьевича на тему: «Обоснование параметров устройства очистки сельскохозяйственной техники», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

Мы, ниже подписавшиеся, директор ООО «Рассвет» Ростиллов А.М. и механик ООО «Рассвет» Федулин М.Н. составили настоящий акт в том, что результатов диссертационной работы Подьяблонского Алексея Валерьевича на тему: «Обоснование параметров устройства очистки сельскохозяйственной техники» внедрены в технологические процессы ТО и ремонта тракторной, мобильной и прицепной сельскохозяйственной техники в ООО «Рассвет» (391007, Рязанская область, Клепиковский район, с. Давыдово).

Производственные исследования проводились на зерноуборочном комбайне Брянксельмаша КЗС-1218 «ДЕСНА-ПОЛЕСЬЕ GS12», сеялке СЗУ-6 «МордовАгроМаш» и МТЗ-82.1 в период с апреля по июль 2021 г. Использование разработанного устройства механической очистки СХТ позволило на 4% увеличить эффективность её очистки от консервационного материала по сравнению с гидроструйным способом очистки, а так же снизить на 20...25 % удельный расход энергии на единицу площади очищаемой поверхности.

Экономический эффект от внедрения разработанного устройства механической очистки СХТ от консервационного материала составил 29103 руб.

Директор ООО «Рассвет»



А.М. Ростиллов

Механик


«Рассвет»

М.Н.Федулин

«17» июля 2021 г.