

**Рис. 2 Диаграмма Исикавы**

Характерным параметром, специфичным для процесса производства конфет «Птичье молоко», является температурно-влажностный режим, так как взбивная конфетная масса способна вступать в реакции без нагрева и в присутствии влаги [3].

### Библиографический список

1. Титов А.К. Состояние и перспективы развития кондитерской промышленности Российской Федерации на современном этапе // Вестник Академии знаний. – 2021. – №6 (47). – С. 319-323.
2. Наумик В.А. Анализ рынка кондитерских изделий в РФ // За нами будущее: взгляд молодых ученых на инновационное развитие общества. – 2022. – С. 33-35.
3. Яндыганова Л.В. Экспертиза качества конфет «птичье молоко» // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. – 2018. – №. 8. – С. 137-141.
4. Андреев В.Н., Мартеха А.Н., Демичев В.В. Системные исследования процесса производства маргариновой продукции // В книге: Пищевые инновации и биотехнологии. Сборник тезисов X Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Под общей редакцией А.Ю. Просекова. – Кемерово, 2022. – С. 56-57.

**ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ ИМЕНИ В.П. ГОРЯЧКИНА**

СЕКЦИЯ: «Инновационная техника и технологии в АПК»

УДК 621.78

## ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ФОРСУНОК АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПАРОФАЗНОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ

*Логачёв Константин Михайлович, аспирант кафедры «Сопротивление материалов и детали машин», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева E-mail: klogachyov@mail.ru*

**Аннотация:** Разработана технология восстановления и упрочнения распылителей форсунок автотракторных дизелей, позволяющая получать на поверхностях прецизионных деталей карбидохромовое покрытие микротвёрдостью 19 ГПа. Продолжительность полного цикла технологического процесса восстановления и упрочнения до 4,5 часов.

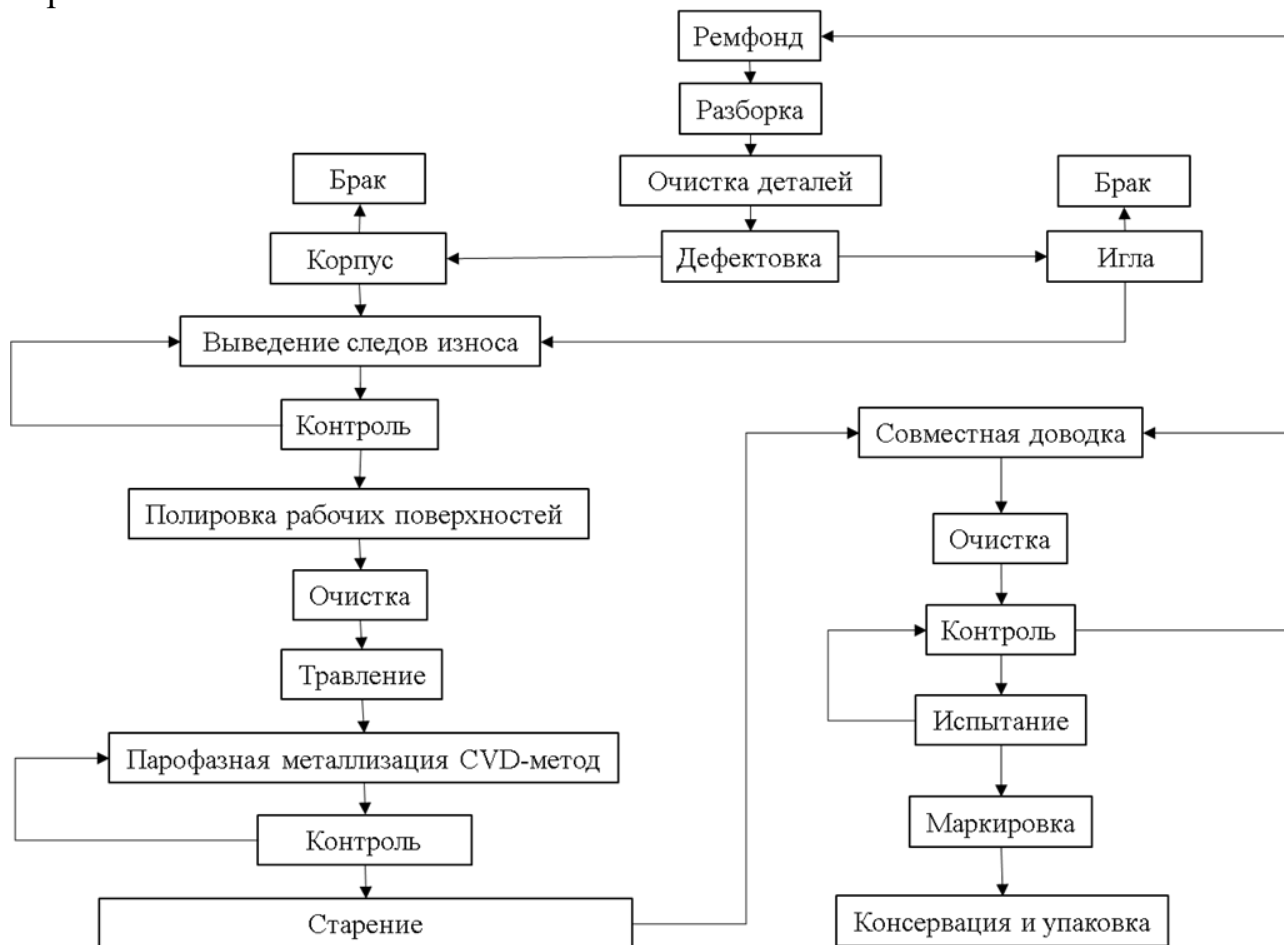
**Ключевые слова:** прецизионное соединение, распылитель форсунки, технология, карбид хрома, наработка

**Введение.** Техническое состояние распылителей форсунок влияет на показатели работы дизельных двигателей. Продолжительность эксплуатации зависит от качественного состава топлива. Применяемые системы очистки топлива не способны полностью его очищать от химических активных веществ и абразивных частиц. По производственным данным наработка распылителей форсунок, применяемых в механической топливной системе, в среднем составляет 500 мото-ч. Существуют большое количество способов восстановления и упрочнения прецизионных поверхностей [1, 2], однако все имеют высокотемпературный режим, что приводит к короблению деталей [3]. Для увеличения надёжности распылителей разработана технология, позволяющая осаждать на все рабочие поверхности иглы и корпуса распылителя карбидохромовое покрытие путём термораспада соединений гексакарбонила хрома при температуре деталей ниже, чем температура их низкого отпуска. Установлены несущая способность покрытия 0,131 мкм и толщина, обеспечивающая восстановление ремфонда, в направляющей части 44,14 мкм, в распыливающих отверстиях 142 мкм. Для серийных распылителей толщина покрытия должна быть не менее 5 мкм.

**Материалы и методы.** В качестве образца использовался распылитель 261.1112110-01, который устанавливается в форсунку 261.1112010-11 типа ФД-22, которая применяется на двигателях ЯМЗ-236/238. В качестве реактива для получения карбидохромового покрытия на рабочих поверхностях деталей распылителя использовался гексакарбонил хрома CAS 13007-92-6 [4].

**Результаты и обсуждение.** Ремфонд распылителей форсунок может поступать в ремонтную организацию разными способами. На рисунке 1

представлена схема технологического процесса восстановления распылителей.



**Рис. 1 Структурная схема технологического процесса**

Распылители разбираются, моются в ультразвуковой ванне при температуре 50...60°С в течение 5...15 минут в зависимости от степени загрязнённости. После детали достаются из моющего раствора, протираются чистыми хлопчатобумажными салфетками и отправляются на дефектовку. Основные дефекты распылителей форсунок представлены в работе [5]. В процессе дефектации распылители сортируются по типоразмерным группам, определяемых величиной износа, а имеющие дефекты в виде сколов и трещин выбраковываются.

Далее детали подвергаются механической обработке, с помощью которой выводятся следы износа. Направляющая корпуса распылителя хонингуется, а иглы точится или шлифуется. Распыливающие отверстия рассверливаются, запорные конуса корпуса и иглы шлифуются. Торцы корпуса и иглы доводятся на притирочной плите. Предельный припуск на механическую обработку устанавливается при разработке технологического процесса восстановления. После механической обработки детали подвергаются техническому контролю. Для обеспечения экономической целесообразности в использовании реактива производится полирование

поверхностей, подвергаемых механической обработке, так как поверхность после выведения следов износа имеет шероховатость  $Ra0,8$ , а после полирования  $Ra0,2$ . Далее осуществляется повторная очистка деталей в ультразвуковой ванне.

Перед осаждением упрочняющего покрытия детали распылителей проходят травление, которое осуществляется в 10 % растворе серной кислоты при температуре  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  и продолжительности 50...80 секунд, с последующей промывкой в горячей и холодной воде.

Формирование покрытия происходит в CVD-установках. Нанесение карбидохромовых покрытий на внешние поверхности иглы распылителей осуществляется с помощью вращательного способа [5], а на внутренние поверхности корпуса распылителя путём протяжки реакционной среды [7].

Оптимальный режим осаждения покрытия, обеспечивающий наибольшую микротвёрдость 18,98 ГПа и максимальную скорость роста покрытия в направляющей 2,5 мкм/мин и в распыливающих отверстиях 4 мкм/мин, при давлении вакуума 0,025Па, температуре подложки  $161,25^{\circ}\text{C}$ , подаче реакционной среды 1,0 л/час и температуре паров карбонила хрома  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Для обеспечения адгезии покрытия со стальной поверхностью перед началом парофазной металлизации детали нагреваются до заданной температуры технологического процесса и подвергаются дегазации путём нахождения их в вакууме. Средняя продолжительность данного процесса 3...5 минут. Далее осуществляется подача реакционной среды в зону осаждения покрытия. В начале этого процесса необходимо выдержать низкую скорость подачи гексакарбонила до 0,2 л/час для создания адгезионного подслоя, главными задачами которого являются равномерное заполнение всего объёма микрорельефа поверхности подложки и снижение вероятности образования пустот на границе перехода между покрытием и металлом. После этого в целях экономической целесообразности увеличивается подача реакционной среды до заданного режима. Продолжительность осаждения карбидохромового покрытия 35 минут. Далее восстановленные в геометрии детали подлежат контролю, после которого направляются на последующую термообработку, при температурном режиме  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$  и выдержке в течение двух часов.

Перед проведением селективной сборки деталей распыливающие отверстия проходят электроэрозионную обработку для доводки и выравнивания их геометрии до номинального диаметра. Запорные конуса иглы и корпуса шлифуются до удаления технологических слоёв карбида хрома. Совместная доводка деталей в направляющей и запорном конусе проводится притирочной пастой. После детали моются, проходят контроль на наличие сколов и дефектов и отправляются на сборку и проверку параметров распылителя в соответствии с ТУ и ГОСТ 10579.

Проверка работоспособности восстановленного распылителя осуществляется на форсунке, подключенной к испытательному стенду типа

СТ.441439.107 и других видов. В ходе проверки проверяется качество распыливания топлива, давление начала впрыскивания, гидроплотность и герметичность запирающих конусов. Эффективность проходного сечения распыливающих отверстий проверяются проливом, а полученные данные сверяются с регламентными. Распылители, которые не удовлетворяют требованиям ГОСТ 8669 и ГОСТ 10579, направляются в ремфонд на повторное восстановление или бракуются.

Распылители, прошедшие проверку, маркируются, консервируются в соответствии с ГОСТ 9.014, упаковываются и направляются на склад. В случае проведения ремонтных работ распылители устанавливаются на двигатель в соответствии с указаниями, прописанными в руководстве по эксплуатации рекомендованными изготовителем. Хранение восстановленных распылителей осуществляется по ГОСТ 15150 с использованием закрытой тары, предохраняющей от попадания загрязнений, механических повреждений и прямого контакта с атмосферой окружающей среды.

При эксплуатации дизелей с упрочнёнными деталями распылителя форсунки с учётом износных испытаний наработка составит не менее 10 000 мото-ч, что выше в 2,5 раза в сравнение с серийными, предельный ресурс которых, согласно данным изготовителя, составляет 4 000 мото-ч. При годовой наработке автотракторного дизеля 3776 мото-ч срок эксплуатации восстановленных и упрочнённых распылителей составит не менее 2,65 года, что позволит сэкономить организациям на каждую единицу дизельной техники более 167 тыс. рублей в год с учётом затрат на новые распылители, перерасход топлива, заработную плату механику и оператору и другое.

Экономический эффект в первый год реализации технологии восстановления и упрочнения распылителей форсунок автотракторных дизелей в количестве 147500 шт., а в последующие по 177000 шт., и цене реализации за единицу 503,72 рубля составит 14 558 тыс. рублей. Срок окупаемости при внедрении данной технологии в производство и объёме капиталовложений 23 008,8 тыс. рублей составит 1,4 года.

Таким образом, внедрение технологии восстановления и упрочнения распылителей форсунок карбидохромовым покрытием за расчётный период в первые 5 лет даст 72 788 тыс. рублей экономического эффекта. Разработанная технология может быть рекомендована заводам изготовителям топливной аппаратуры для увеличения надёжности серийных деталей.

### **Выводы**

1. Разработанная технология позволяет восстанавливать и упрочнять распылители форсунок дизельных двигателей и может быть рекомендована сельскохозяйственным предприятиям, сервисным станциям, занимающихся ремонтом и техническим обслуживанием ТА дизельных двигателей, и заводам изготовителям топливной аппаратуры.

2. Нарботка восстановленных и упрочнённых распылителей составляет не менее 10 000 мото-ч, что выше в 2,5 раза и более серийных.

3. Экономический эффект от внедрения разработанной технологии за расчётный период в первые 5 лет составляет 72,8 млн. рублей при сроке окупаемости капитальных вложений 1,4 года.

### Библиографический список

1. Ипатов А.Г. Физико-механические свойства керамических покрытий, получаемых короткоимпульсной лазерной наплавкой порошковой смеси на основе бора / А.Г. Ипатов, М.Н. Ерохин, С.П. Казанцев [и др.] // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 1. – С. 71-76. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-1-71-76.

2. Скороходов Д.М. Анализ способов восстановления деталей топливной аппаратуры дизельных двигателей / Д. М. Скороходов, О. В. Чеха, К. М. Логачёв // Научно-исследовательские публикации. – 2022. – № 3. – С. 61-65.

3. Ерохин М.Н. Деформация прецизионных деталей топливной аппаратуры дизелей при восстановлении методом диффузионной металлизации / М. Н. Ерохин, С. П. Казанцев, А. Г. Пастухов [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2022. – Т. 16, № 3. – С. 4-11. – DOI 10.22314/2073-7599-2022-16-3-4-11.

4. Ерохин М.Н. Применение карбонильного хрома для получения упрочняющих покрытий на деталях сельскохозяйственной техники / М.Н. Ерохин, Н.Н. Чупятов, С.П. Казанцев // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию Белорусского государственного аграрного технического университета и памяти первого ректора БИМСХ (БГАТУ) д-ра техн. наук, проф. В.П. Сулова, Минск, 04–06 июня 2014 года / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Учреждение образования "Белорусский государственный аграрный технический университет", Республиканское объединение "Белагросервис"; под общей редакцией И.Н. Шило, Н.А. Лабушева. Том Часть 2. – Минск: БГАТУ, 2014. – С. 275-278.

5. Скороходов Д.М. Влияние износа деталей распылителей форсунок на показатели автотракторных дизелей / Д. М. Скороходов, К. М. Логачёв // Доклады ТСХА, Москва, 02–04 декабря 2020 года. Том ВЫПУСК 293 Часть III. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – С. 377-380.

6. Ерохин М.Н. Технологическое оснащение процесса получения металлических покрытий CVD-методом металлоорганических соединений / М.Н. Ерохин, С.П. Казанцев, Н.Н. Чупятов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2018. – № 6(88). – С. 40-44.

7. Патент на полезную модель № 216021 U1 Российская Федерация, МПК С23С 16/32, С23С 16/54. Устройство для формирования износостойкого покрытия из карбида хрома на восстанавливаемой внутренней поверхности корпуса распылителя форсунки: № 2022120149: заявл. 22.07.2022: опубл. 13.01.2023 / М.Н. Ерохин, С. П. Казанцев, Н. Н. Чупятов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева".

УДК: 631. 354

## **АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ МОЩНОСТЬЮ И ШИРИНОЙ ЗАХВАТА ЖАТКИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**

*Медхн Тесфит Асрат, аспирант кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [noahthesas@gmail.com](mailto:noahthesas@gmail.com) or [asrattesfitmed@gmail.com](mailto:asrattesfitmed@gmail.com);*

*Левшин А.Г., д.т.н., профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, научный руководитель, [alevshin@rgau-msha.ru](mailto:alevshin@rgau-msha.ru).*

***Аннотация:** анализируется взаимосвязь между увеличением ширины жатки и номинальной мощностью двигателя в зерноуборочных комбайнах и основное внимание уделяется влиянию автоматизации современных комбайнов на производительность. Рассматриваются различные факторы, которые следует учитывать в процедурах выбора режимов работы.*

***Ключевые слова:** Зерноуборочный комбайн, регрессия, оператор, датчики*

**Введение:** Зерноуборочные комбайны прошли ряд технологических усовершенствований с момента разработки первого в мире зерноуборочного комбайна в 1885 году Хью Виктором Маккеем и в сочетании с паровым двигателем Джорджем Стоктоном после использования комбайнов с приводом от лошади в 1830 году. лошадь и мул тянут / толкают, управляют трактором, через самоходную и электронную систему помощи водителю до полностью автоматизированной системы современных комбайнов [1].

С ростом сложности технологии зерноуборочных комбайнов и растущими опасениями по поводу экономических показателей точность работы захватила умы инвесторов и исследователей. Качественные и количественные потери зерна, изменчивость пропускной способности и измеренная урожайность, которые существуют между соседними рядами уборки, изучались как атрибуты потенциальной изменчивости машины/оператора [2]. Задача, стоящая перед комбайнерами, состоит не только в том, чтобы объехать поле серпантинном, скашивая там урожай;