

Государственное образовательное учреждение  
«Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»  
Бендерский политехнический филиал



## **НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ВЕДОМОСТИ**

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
БЕНДЕРСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ФИЛИАЛА  
ПГУ им. Т.Г. ШЕВЧЕНКО

**№ 1(4)/2023**

Бендеры  
2023

Учредитель: Государственное образовательное учреждение «Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко»

**Редакционная коллегия**

**Иванова С. С.**, директор БПФ ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко» (*ответственный редактор*)

**Цынцарь А. Л.**, зам. директора по научной работе, канд. психол. наук, доцент БПФ ПГУ им. Т.Г. Шевченко (*зам. ответственного редактора*)

**Гатанюк Е. В.**, методист отдела по научной и учебно-исследовательской работе БПФ ПГУ им. Т.Г. Шевченко (*ответственный секретарь*)

**Ляхов Е. Ю.**, зам. директора по общим вопросам, канд. техн. наук, доцент БПФ ПГУ им. Т.Г. Шевченко

**Котомчин А. Н.**, канд. техн. наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов БПФ ПГУ им. Т.Г. Шевченко

**Янута А. С.**, и.о. зав. кафедрой транспортно-технологических машин и комплексов БПФ ПГУ им. Т.Г. Шевченко

**Обложка**

**Долгих Д. Ф.**, ст. преп. кафедры архитектуры и дизайна БПФ ПГУ им. Т.Г. Шевченко

НЗ4 **Научно-технические ведомости** [Электронное издание] / Приднестровский государственный университет им. Т. Г. Шевченко. – Бендеры, 2023. – Текст. Изображение : электронные. – 62 с.

*За содержание публикаций ответственность несут авторы.*

**Журнал публикует статьи по следующим направлениям:**

- Технические науки: теория и практика (проблемы, реалии и перспективы развития).
- Актуальные проблемы преподавания гуманитарных наук в техническом вузе и вузе.
- Наш вклад в науку (научные работы студентов, магистрантов, аспирантов).

**Рекомендовано:**

Научной комиссией БПФ ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»  
Ученым советом БПФ ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»  
Научно-координационным советом ПГУ им. Т.Г. Шевченко

## Уважаемые читатели!

Одна из проблем современного развития экономики республики – повышение эффективности производства, качества продукции и оказываемых услуг. Из-за чего возникают и новые задачи научно-технического прогресса, такие как создание и совершенствование материально-технической базы предприятий, эксплуатирующих технику путем совершенствования методов и технологий по обслуживанию и ремонту. Практическая реализация этой задачи базируется на разработке принципиально новых технических средств, на научной организации труда и современных методах управления производственными процессами, на внедрении в производство достижений науки и техники и повышении научно-технического уровня кадрового потенциала.

Высокие темпы развития научно-технического прогресса повышают требования к качеству подготовки специалистов с высшим образованием. Молодые специалисты должны обладать не только глубокими знаниями по специальности, но и развивать в себе способности к творческой и исследовательской работе, в формировании которых большая роль принадлежит высшим учебным заведениям и научно-исследовательским лабораториям. Будущий специалист должен уметь творчески использовать достижения фундаментальных наук в своей области.

Этот выпуск научно-практического журнала «Научно-технические ведомости» посвящен всеобщему теоретическому анализу научных достижений профессорско-преподавательского состава кафедр «Транспортно-технологические машины и комплексы» и «Эксплуатация транспортного электрооборудования и техническое обслуживание автомобилей» и практическому использованию полученных знаний на практике. Также проведен анализ развития кафедр от начала основания до настоящего времени.

Журнал содержит научные публикации профессорско-преподавательского состава Бендерского политехнического филиала ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко», в которых отражены результаты научной деятельности в области эксплуатации и ремонта автомобильной и дорожно-строительной техники.

Материалы трудов сборника представляют интерес для научных сотрудников, преподавателей, студентов, аспирантов, а также работников в сфере эксплуатации и производства автомобилей и другой техники.

С уважением,

Директор БПФ ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»

С. С. Иванова

УДК 001.89:629.3

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА  
ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ  
НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА» КОЛЛЕКТИВА БЕНДЕРСКОГО  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ФИЛИАЛА.  
ПУТИ СТАНОВЛЕНИЯ, РАЗВИТИЯ И СОЗИДАНИЯ**

**Ляхов Евгений Юрьевич**

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»  
зам. директора по общественным вопросам  
к.т.н., доцент; г. Бендеры, Приднестровье  
e-mail: zam-ov@bpfpgu.ru

**Котомчин Алексей Николаевич**

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»  
к.т.н., доцент; г. Бендеры, Приднестровье  
e-mail: aleshka81@list.ru

***Аннотация.** В статье приведена краткая история становления и развития кафедры «Транспортно-технологические машины и комплексы». Показаны истоки основания и ее преобразования в процессе развития. Дана информация о становлении, развитии и достижениях, которые достигла кафедра благодаря усилиям и упорству ее работников. Показаны итоги научно-исследовательской деятельности в виде анализа достигнутых результатов и сделаны выводы по дальнейшему развитию кафедры.*

**Ключевые слова:** кафедра, научно-исследовательская лаборатория, результаты, индекс Хирша.

**SCIENTIFIC RESEARCH WORK IN THE DIRECTION "ENGINEERING AND TECHNOLOGY OF GROUND TRANSPORT" TEAM OF BENDER POLYTECHNICAL BRANCH. WAYS OF FORMATION, DEVELOPMENT AND CREATION**

***Annotation.** The article provides a brief history of the formation and development of the Department of Engineering Sciences, Industry and Transport. The origins and its transformations in the process of development are shown. Information is given about the formation, development and achievements that the department has achieved thanks to the efforts and perseverance of its employees. The results of research activities are shown in the form of an analysis of the results achieved and appropriate conclusions are drawn for the further development of the department.*

**Keywords:** department, research laboratory, results, Hirsch index.

Острая потребность автомобильной отрасли в инженерно-технических работниках и отсутствии учебных заведений на территории Приднестровской Молдавской Республики предопределили потребность в открытии на базе Бендерского политехнического филиала (БПФ) Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко кафедры (ПГУ им. Т.Г. Шевченко). Задачей кафедры являлась подготовка высококвалифицированных кадров начального, среднего и высшего образования для сфер автомобильного транспорта и технического сервиса автомобилей.

Решение об открытии кафедры «Автомобили и техническое обслуживание автомобилей» было принято на заседании Ученого сове-

та ПГУ им. Т.Г. Шевченко 28 декабря 2005 года. Уже с 1 сентября 2006 года началась подготовка специалистов начального и среднего профессионального образования, а 1 сентября 2007 года и специалистов высшего образования.

Основателем кафедры и первым ее заведующим стал Настешин Евгений Григорьевич, который не только стоял у истоков, но и являлся одним из идеологов развития научно-технического потенциала кафедры. Его на посту заведующего кафедрой сменил опытный производственник Ляхов Юрий Генрихович, который свыше 15 лет руководил автобазой Бендерского консервного завода. Благодаря опыту и стремлению развития потенциала ка-

федры при Юрии Генриховиче открыты филиалы кафедры на таких предприятиях как ОАО «Бендерский автосборочный завод», ОАО «Бендерская АК 2836», МУП «Автомотосервис и торговля города Бендеры», а опытные производственники активно включены в образовательный процесс для преподавания специальных дисциплин и подготовки дипломных проектов.

За годы становления кафедры принимались различные решения – сменялись ее руководители и профессорско-преподавательский состав, менялись названия и направления подготовки, но неизменным был курс на развитие научного потенциала и расширение производственных связей.

Уже к 2018 году подготовку по образовательным программам осуществляют один профессор, два доцента, пять старших преподавателей и пять преподавателей (в том числе зам. директора по производству ОАО «Бендерский автосборочный завод» и главный инженер ОАО «Бендерская АК 2836»). С октября 2018 года кафедру возглавил кандидат технических наук, доцент Сидоров Владимир Михайлович.

Сформировавшийся опыт и научный потенциал опытных работников кафедры позволил успешно реализовать утвержденную исследовательскую тему кафедры – «Технологии и средства технического обслуживания автомобилей» (2014-2018 гг.). За этот период была проведена работа в пять этапов. Первый – «Применение современных средств и методов диагностирования», второй – «Анализ причин отказов, приводящих к потере работоспособности автомобилей», третий – «Современные средства технического обслуживания автомобилей», четвертый – «Современные методы технического обслуживания и ремонта автомобилей» и пятый – «Организационно-технологические особенности технического обслуживания и ремонта автомобилей». Результаты научно-исследовательской работы кафедры за 2018 год отражены в 13 опубликованных статьях и 26 докладах секции «Автомобили» Республиканской научно-практической конференции БПФ, семинаре на тему «Организация автомобильных перевозок в условиях частного предпринимательства, малого и среднего бизнеса» и круглом столе на тему «Прогрессивные технологии слесарно-механического и электрохимического производства и восстановления деталей автомобилей». Результаты научно-исследовательской работы (НИР) активно использовались в учебном процессе при изучении лекционного мате-

риала по специальным дисциплинам начального, среднего и высшего образования, а также в выпускных квалификационных работах.

В этот же период (2016-2017 гг.) сотрудниками кафедры Ляховым Е. Ю. и Котомчиным А. Н. началась работа по созданию на территории БПФ лаборатории для проведения исследований в области технического сервиса и ремонта автомобилей.

Для этого были выделены подвальные помещения корпуса «Б» (рис. 1) БПФ ПГУ им. Т.Г. Шевченко и намечены следующие этапы работы:

1. Выбор помещения;
2. Подготовка помещения под лабораторию;
3. Проектирование и размещение вентиляции и освещения помещений;
4. Выбор оборудования и приборов для выполнения опытов;
5. Организация рабочих мест для выполнения опытов и испытаний.



Рис. 1. Подвальное помещение под организацию лаборатории

Благодаря большому труду Ляхова Е. Ю. и других работников в 2018 году была открыта НИЛ «Реновация машин и оборудования», которая позволила улучшить показатели НИР кафедры и дать стимул в дальнейшей научно-исследовательской работе.

Заведующим НИЛ был назначен профессор Корнейчук Николай Иванович, который благодаря своему опыту и настойчивости сумел сформировать план работы и совместно с работниками НИЛ реализовать его.

Одним из важнейших аспектов в подготовке лаборатории является научно-обоснованная организация рабочего места для проведения необходимых опытов и испытаний – для получения

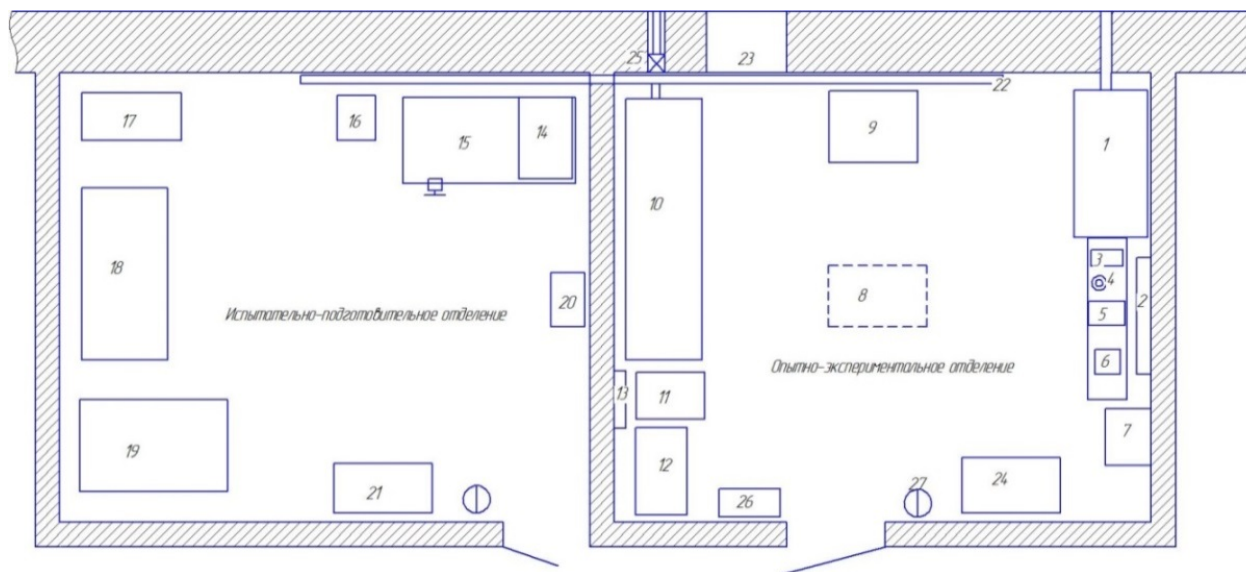


Рис. 2. Планировка лаборатории «Реновация машин и оборудования» в 2019 году [1, 2]:

- 1 – вытяжной шкаф, 2 – щит контроля и управления, 3 – выпрямитель 3-х фазный,  
 4 – регулятор напряжения, 5 – регулятор тока, 6 – РН-метр, 7 – аналитические весы,  
 8 – установка для фильтрации электролита, 9 – машина для получения шлифов, 10 – установка для получения хромовых покрытий, 11 – холодильный агрегат, 12 – тумба, 13 – щиток управления, 14 – настольный сверлильный станок, 15 – слесарный верстак, 16 – аквадистиллятор,  
 17 – машина для испытания на усталость, 18 – машина трения, 19 – разрывная машина,  
 20 – токарный станок учебный, 21 – шкаф для вещей и инвентаря, 22 – приточно-вытяжная вентиляция,  
 23 – ниша с полками для хранения химикатов и посуды, 24 – шкаф для лабораторной посуды,  
 25 – вентилятор, 26 – ящик с песком, 27 – огнетушитель

износостойких покрытий на основе хрома и сплавов железо-хром, а также полимерных композиционных материалов при восстановлении и упрочнении деталей машин.

Компоновка лаборатории (рис. 2) преследует основную цель – выделенную подвальную площадь переоборудовать в опытно-экспериментальное отделение, при этом в отдельных помещениях разместить лабораторное и опытно-экспериментальное оборудование. Вспомогательное оборудование, складские помещения для материалов и другие подразделения отделить от опытно-экспериментального помещения стеной, обеспечивающей необходимую звукоизоляцию и пожаровзрывобезопасность.

Для дальнейшего формирования и совершенствования материально-технической базы при содействии заведующего НИЛ в 2018-2019 годах было смонтировано дополнительное исследовательское оборудование – машины трения, источники тока и др., которые позволили расширить возможности лаборатории и успешно выполнить государственный заказ.

В 2019 году с открытием НИЛ кафедрой была утверждена новая исследовательская тема

«Рациональные способы и средства ремонта автомобилей в условиях Приднестровья» (2019-2023 гг.).

По первому этапу утвержденной темы «Организационно-технологические методы проведения ремонта автомобилей в условиях Приднестровья» опубликованы 18 статей и 18 докладов на секции «Автомобили. Эксплуатация, ремонт и восстановление» XI Республиканской научно-практической конференции БПФ, научно-практическом семинаре «Проблемы взаимодействия предприятий республики ПМР с научно-исследовательскими лабораториями на примере НИЛ „Реновация машин и оборудования“». Также результаты НИР кафедры содержат рекомендации по внедрению современных технологических приемов ремонта и восстановления деталей машин в условиях предприятий Приднестровья, а также подходы по сотрудничеству НИЛ «Реновация машин и оборудования» с предприятиями г. Бендеры и г. Тирасполь, в частности НП ЗАО «Электромаш».

В рамках работы по второму этапу утвержденной темы «Обоснование и выбор методов и способов обслуживания, ремонта и восстановления деталей, узлов, агрегатов машин» опубли-

ковано 14 статей и 13 докладов на секции «Инженерные науки, промышленность и транспорт» XII Республиканской научно-практической конференции БПФ; 7 докладов на круглых столах «Аналитический обзор и выбор эффективных способов восстановления и упрочнения деталей машин гальваническими методами» и «Проблемы и перспективы применения результатов исследований научно-исследовательской лаборатории „Реновация машин и оборудования“»; 8 докладов на международных конференциях РФ; опубликовано 32 статьи в местных и международных сборниках, а также в журналах и сборниках из списка РИНЦ и ВАК РФ. По результатам НИР кафедры даны рекомендации по внедрению современных технологических приемов ремонта и восстановления деталей машин для предприятий Приднестровья.

В опубликованных статьях и докладах, зачитанных на конференциях и круглых столах, проведен анализ и обоснование использования технологий, применяемых при восстановлении и упрочнении деталей автомобилей, которые возможно использовать на практике. В результате проведения исследований за 2020 год в рамках задания НИЛ «Реновация машин и оборудования» и темы научных исследований сотрудниками кафедры «Инженерные науки, промышленность и транспорт» разработаны и внедрены технологии по упрочнению и восстановлению деталей машин. НИЛ «РМиО» имеет несколько направлений по разработке энергосберегающих технологий, которые зарегистрированы в виде трех патентов ПМР, одной заявки на патент в РФ и предложены на предприятия республики как нововведение.

Результаты научно-исследовательской работы кафедры ИНПиТ за 2021 год по третьей теме отражены в 8 опубликованных статьях и 18 докладах на секции «Инженерные науки, промышленность и транспорт» XIII Республиканской научно-практической конференции БПФ, 6 докладах на круглом столе «Разработка энергосберегающих технологий по упрочнению и восстановлению деталей машин для предприятий республики» и 9 докладах на семинаре «Перспективы внедрения и использования новых технологий по упрочнению и восстановлению деталей машин», 12 докладах на международных конференциях РФ; опубликовано 34 статьи в местных и международных сборниках, а также в журналах и сборниках из списка РИНЦ, ВАК РФ и Scopus.

Результаты научно-исследовательской работы кафедры за 2022 год по четвертой теме отражены в 6 опубликованных статьях и в 19 до-

кладах на секции «Инженерные науки, промышленность и транспорт» XIV Республиканской научно-практической конференции БПФ, 7 докладах на круглом столе «Научно-техническая значимость результатов исследований, проводимых аспирантами и преподавателями кафедры» и 9 докладах на семинаре «Перспективы внедрения и использования новых технологий по упрочнению и восстановлению деталей машин», 24 докладах на международных конференциях РФ, опубликовано 34 статьи в местных и международных сборниках, а также в журналах и сборниках из списка РИНЦ, ВАК РФ и Scopus. Суммарный индекс Хирша по публикациям и цитированию статей работников кафедры составляет 10.

На основании проведенных научно-исследовательских работ в УИЛ «Реновация машин и оборудование» по исследованию методов и технологий получения различных электролитических покрытий с различными свойствами для восстановления деталей машин. Результаты исследований могут использоваться для написания выпускных квалификационных, диссертационных работ, а также для получения соответствующих патентов в ПМР и РФ. Получено два патента в РФ (на изобретение) и четыре патента ПМР по полученным результатам исследований.

Для более наглядного представления результатов публикационной активности и участия в конференциях кафедр представлены графики за период 2020-2022 гг. (рис. 3, 4)

Характеристикой продуктивности ученого является не столько количество его публикаций, сколько количество их цитирований, т. е. индекс Хирша.

Для более наглядного представления изменения индекса Хирша за период 2020-2022 гг. подготовлена диаграмма (рис. 5)

Анализ рисунков 3, 4, 5 показал, что в 2020-2022 гг. происходит рост индекса Хирша (5 в 2020 и уже 10 в 2022 году), а также качества публикационной активности (16 статей ВАК и РИНЦ в 2020 г. и уже 24 Scopus, ВАК и РИНЦ в 2022 г.).

Выросло количество международных выступлений (рис. 5), что вызвано не только успешным функционированием НИЛ «Реновация машин и оборудования», но и значимостью результатов научных исследований, которые работники кафедры реализовали в виде научных трудов (диссертационных исследований). Параллельно с 2017 года обучаясь в аспирантуре по квотам Российской Федерации на базе Московского автомобильно-дорожного госу-



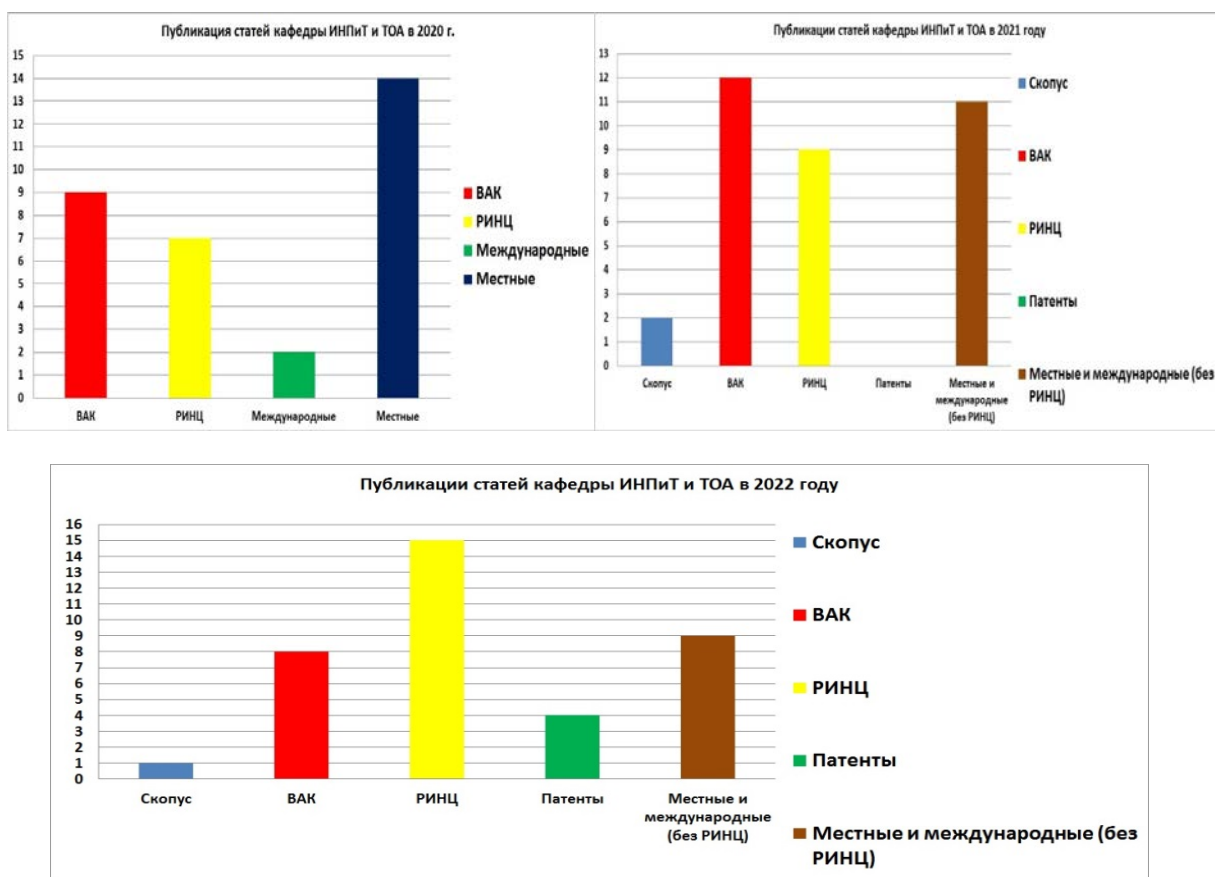


Рис. 3. Результаты публикаций сотрудников кафедры за 2020-2022 гг.

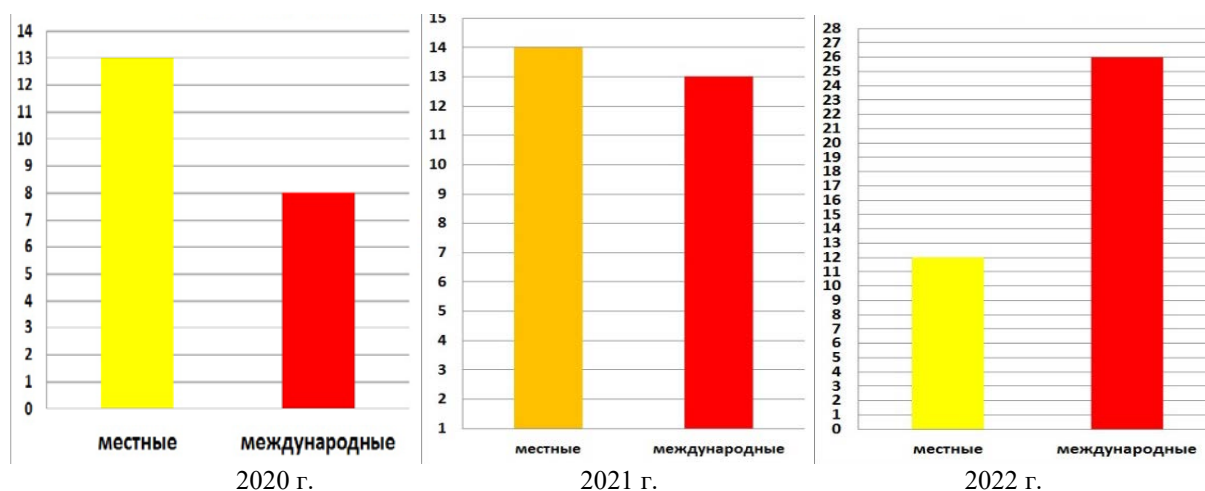


Рис. 4. Участие в конференциях сотрудников кафедр ИНПИТ и ТОА за 2020-2022 гг.

дарственного технического университета (МАДИ). Совместная работа в рамках деятельности НИЛ кафедры и обучения в аспирантуре МАДИ позволила кафедре в 2019 году заключить договор о сотрудничестве между ПГУ им. Т.Г Шевченко и МАДИ, благодаря чему на данный момент уже закончили и/или обучаются 6 сотрудников. Ляхов Евгений Юрьевич защитил диссертацию

(10.02.2022 г.) «Исследование процессов восстановления посадочных мест подшипников автомобилей с помощью полимерных композиционных материалов». Котомчин Алексей Николаевич защитил диссертацию (01.07.2022 г.) «Совершенствование технологии электролитического хромирования для восстановления деталей автомобилей, работающих при гидроабразивном изнашивании». Готовятся защи-



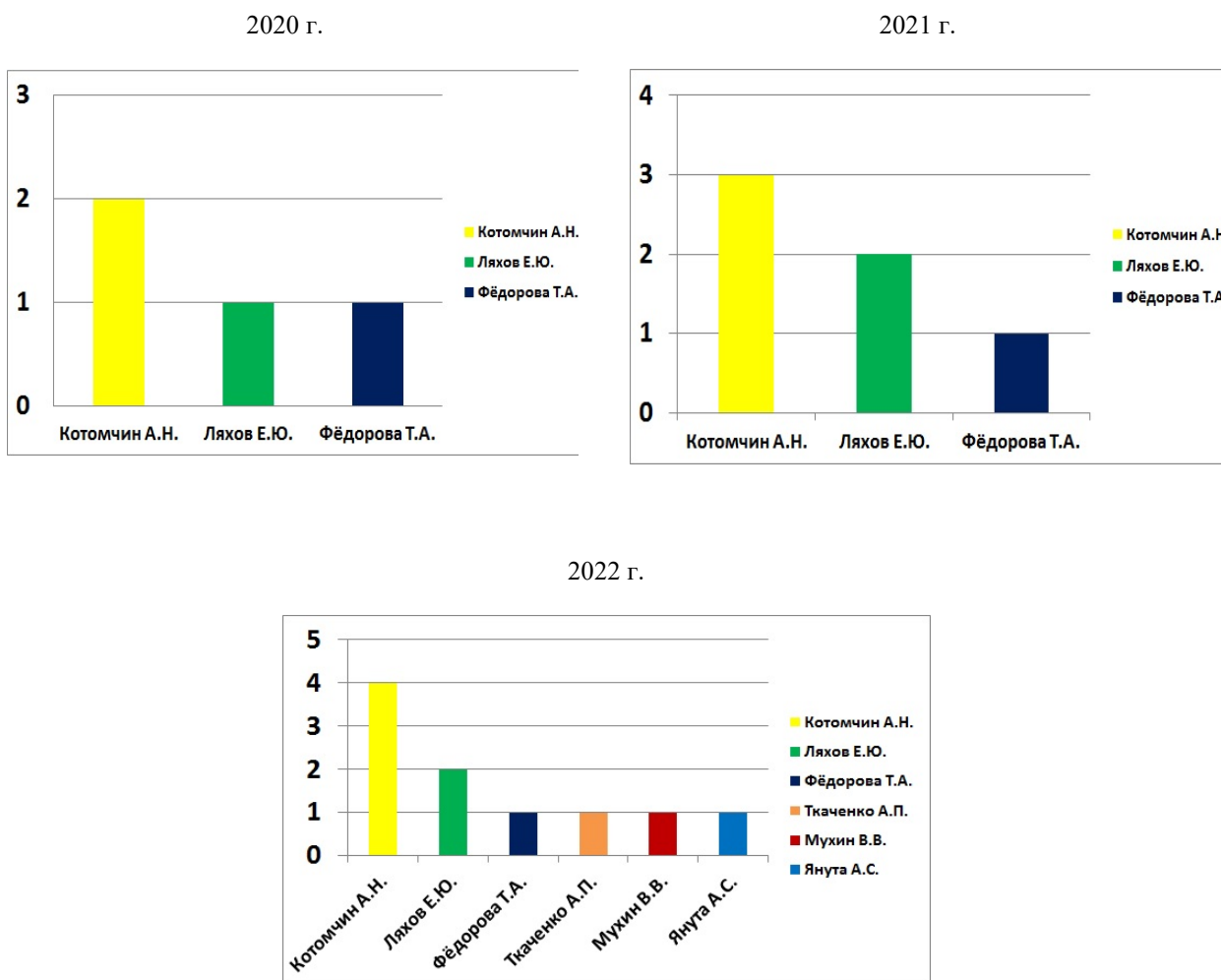


Рис. 5. Изменение индекса Хирша по данным РИНЦ сотрудников кафедр ИНПуТ и ТОА за 2020-2022 гг.

шать диссертационные работы Янута Антон Сергеевич и Ткаченко Андрей Павлович, в процессе подготовки диссертационные работы Мухина Виталия Викторовича и Емельянов Александра Александровича.

Кропотливый труд и напористость коллектива кафедры в деле становления и развития научно-исследовательской работы позволили кафедре в 2022 году занять первое место среди всех кафедр ПГУ им. Т.Г. Шевченко в рамках научно-исследовательской работы, а Котомчину Алексею Николаевичу – первое место в индивидуальном рейтинге профессорско-преподавательского состава ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

На основании изложенных материалов по результатам деятельности НИР сотрудниками кафедры можно сделать следующие выводы:

1. За годы становления кафедры работниками проделана огромная работа, которая позволила поднять научно-исследовательскую деятельность на качественно новый уровень.
2. Сотрудники кафедры развивают материально-техническую базу и улучшают результа-

ты научно-исследовательской работы, что обусловлено стремлением совершенствования индивидуальной работы каждого сотрудника.

3. Ростом активности научно-исследовательской деятельности является взаимодействие сотрудников на международном уровне по вопросам научно-исследовательской работы и подготовке диссертационных исследований к защите.

4. Одним из стимулов роста научно-исследовательской работы сотрудников является карьерный рост, который требует активного участия в научных исследованиях, написании и защите диссертационной работы.

### Список литературы

1. Булат, С. В. Организация научно-исследовательской лаборатории по исследованиям электрофизических покрытий / С. В. Булат, А. С. Делик // Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте : материалы XVI Международной научно-технической конференции, Вологда, 8

декабря 2021 года. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2022. – С. 18-22.

2. Котомчин, А. Н. Организация лаборатории «Реновация машин и оборудования» в условиях БПФ ПГУ им. Т.Г. Шевченко / А. Н. Котомчин, Е. Ю. Ляхов /

Сборник статей IX Республиканская научно-практическая конференция «Современное строительство и архитектура. Энергосберегающие технологии» (с международным участием) БПФ ПГУ им. Т.Г. Шевченко

УДК 629.33:66.017

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ХРОМИРОВАНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ ПРИ ГИДРОАБРАЗИВНОМ ИЗНАШИВАНИИ

**Котомчин Алексей Николаевич**

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им.Т.Г. Шевченко»  
к.т.н., доцент; г. Бендеры, Приднестровье  
e-mail: aleshka81@list.ru

***Аннотация.** В статье обоснован выбор способа восстановления деталей автомобилей, работающих при гидроабразивном изнашивании. В результате проведенных исследований было выявлено, что детали автомобилей, которые работают при гидроабразивном изнашивании, являются ресурсопределяющими, которые влияют на стоимость эксплуатации автомобиля в целом. Проведенный анализ существующих способов восстановления выделил один из перспективных – хромирование. Дальнейшие исследования по использованию хромирования в качестве способа восстановления показали, что наиболее оптимальный состав электролита, отвечающий требованиям условий работы деталей автомобилей, работающих при гидроабразивном изнашивании, является новый состав холодного саморегулирующего электролита хромирования, разработанного в диссертационных исследованиях Котомчина Алексея Николаевича.*

**Ключевые слова:** ресурсопределяющие детали, износ, ресурс, оптимальный состав, технология, эксплуатационные испытания.

## IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF ELECTROLYTIC CHROME PLATED IN THE RESTORATION OF PARTS OF CARS WORKING WITH HYDRO-ABRASIVE WEAR

***Annotation.** The article substantiates the choice of a method for restoring car parts operating with hydroabrasive wear. As a result of the research, it was found that car parts that operate with hydroabrasive wear are resource-determining, which affect the cost of operating the car as a whole. Therefore, the analysis of existing recovery methods singled out one of the promising ones - chromium plating. Further research on the use of chromium plating as a recovery method showed that the most optimal electrolyte composition that meets the requirements for the working conditions of car parts operating under hydroabrasive wear is a new composition of cold self-regulating chromium plating electrolyte developed in dissertation research by Alexey Nikolaevich Kotomchin.*

**Keywords:** resource-determining parts, wear, resource, optimal composition, technology, operational tests.

В настоящее время в Приднестровье и странах СНГ увеличилось разнообразие марок и моделей автомобилей. При этом в Приднестровье, как и в России, плохо развита производственно-технологическая база предприятий, эксплуатирующих специальный автотранспорт с целью обеспечения качественного ремонта автомобилей и их агрегатов. Поэтому данная ситуация привела к увеличению расходов на эксплуатацию автомобильной техники, так как проведение ремонта осуществляется на устаревшем, не отвечающем современным требованиям оборудовании. Кроме того используются запасные части, которые не всегда являются оригинальными (заводскими). В результате этого снижается ресурс автомобиля и их агрегатов, что ведет к большим простоям в ремонте, при этом увеличивается себестоимость грузовых и пассажирских перевозок [1].

Для повышения эффективности использования автомобилей необходимо содержать их в работоспособном состоянии. Это требует использования хорошо оснащенной ремонтно-обслуживающей базы за счет увеличения возможностей и развития сети современных предприятий по ремонту как отечественных, так и иностранных автомобилей. Кроме того возрастает востребованность по восстановлению работоспособности их оригинальных ресурсопределяющих деталей.

В результате анализа литературных источников было выявлено, что количество используемых новых запасных частей при проведении капитального ремонта автомобилей достигает до 48-70 %. При этом их количество может увеличиваться при повышении конструктивной сложности автомобилей (Например, для самосвалов КамАЗ – 60,6 % и ГАЗ-3309 – 61,1 %, а для мусоровоза на базе автомобиля Мерседес

Бенц – 66,2 %). Восстановление изношенных деталей автомобилей и оборудования – технико-экономическое оправданное мероприятие, которое позволяет автотранспортным предприятиям сократить время простоя из-за устранения неисправностей техники, а также повысить качество технического обслуживания и ремонта. Эти мероприятия положительно влияют на показатели надежности автомобилей в целом при технической эксплуатации автомобилей [2].

Мероприятия по поддержанию в работоспособном состоянии автомобилей, можно достичь за счет организации работы по восстановлению деталей, за счет чего будет снижаться себестоимость ремонта агрегатов в целом. Кроме того будет повышаться ресурс отремонтированных агрегатов, которое можно произвести за счет сокращения затрат на новые запасные части, при которых будут снижаться расходы на эксплуатацию автомобилей на предприятиях в целом.

Проведенные академиком В. И. Черноивановым исследования по определению качества деталей автомобилей, которые восстанавливают и используют повторно, позволили определить, что доля однотипных деталей, которые годны для дальнейшего использования без ремонта, составляет 20-45 %. При этом подлежащие ремонту и восстановлению составляет 40-60 %, а не пригодных для восстановления 9-20 % [1, 6].

По данным при восстановлении деталей по сравнению с изготовлением новых число операций сокращается в 5–8 раз, а расход материалов в 20-30 раз.

В условиях Приднестровья, России и стран СНГ при увеличении объемов восстановления деталей, позволит существенно снизить затраты предприятий, эксплуатирующих автомобили на приобретение новых запасных частей, и тем самым и снизит себестоимость ремонта автомобилей. Данное утверждение обосновано из-за отсутствия централизованных поставок запасных частей, с увеличением количества «контрафактных» не оригинальных деталей автомобилей. Кроме того существенное влияние на это оказывает отсутствие достаточного финансирования на снабжение и приобретение новых оригинальных запасных частей, у которых стоимость очень высокая из-за проблем с покупкой и доставкой.

С целью высокого качества ремонта автомобилей, возникает объективная необходимость организации работ, по восстановлению ресурсоопределяющих изношенных деталей. Для

таких деталей есть необходимость восстанавливать их геометрический размер и форму с целью обеспечения технических требований. Такими деталями у двигателей внутреннего сгорания являются – блоки и головки цилиндров и др., у шасси – детали ходовой части, корпуса агрегатов трансмиссии и др., у гидропривода специальных автомобилей – детали, работающие при гидроабразивном изнашивании, такие как золотники, плунжера, штоки гидроцилиндров, корпуса насосов и золотников и т. д. [1, 2]

Известно, что совершенствование способов восстановления деталей позволяет улучшать их как технические, так и эксплуатационные качества за счет использования современных приемов обработки и приработки после восстановительных операций, а также за счет улучшения геометрии посадочных и сопрягаемых деталей. Улучшения качества восстановленных деталей, возможно, достичь за счет повышения твердости и износостойкости рабочих поверхностей, которые можно сделать путем использования новых перспективных или усовершенствования существующих способов – напыление, наплавка, гальванические и полимерные покрытия. Благодаря использованию данных способов восстановления, возможно, не только восстановить размеры и форму изношенной поверхности, но достигать значения ресурса, превышающие исходно заявленные.

#### *Теория.*

Обоснование выбора рационального способа восстановления изношенных деталей посвящено множество работ, которые дают возможность заключить следующее [6, 9]:

1. Выбор способа целесообразно выбирать исходя из условий работы детали и технических требований на изготовление;
2. Себестоимость восстановления детали, не должно превышать 50 % от стоимости новой детали;
3. Восстановленная деталь должна обладать ресурсом не менее 80 % ресурса новой детали.

Кроме перечисленных критериев при выборе способа восстановления деталей (рис. 1) автомобилей есть также еще требования, но одним из них является технологическая возможность с внедрением в производство. Особенно это касается сложных технологических процессов, таких, как восстановление деталей, работающих при гидроабразивном изнашивании, которые изготавливаются из легированной стали с последующей термической обработкой, что усложняет выбор способа восстановления.



Рис. 1. Критерии выбора способа восстановления деталей автомобилей

Известно, что в мире, в том числе в России и Приднестровье на перевозку строительных грузов приходится 35–40 % от общего объема всех перевозок. В качестве автомобилей используемых для данных грузов наибольшую долю занимают специализированные автомобили (самосвалы, автокраны, цементовозы и т.п.) [6].

При этом использование специальных автомобилей имеет большое значение для экономики Приднестровья, а также России и стран СНГ. В Приднестровье, как и во всем мире, для проведения дорожно-строительных работ и по благоустройству городов и поселков используется множество различных специальных автомобилей, которые имеют наработку агрегатов и узлов на отказ, меньшую от регламентных значений заводов изготовителей. В процессе использования специальных автомобилей возникают неисправности и отказы агрегатов, которые связаны с увеличением нагрузки на силовые агрегаты и гидропривод. При проведении анализа надежности специальных автомобилей используемых на коммунальных и дорожно-строительных предприятиях Приднестровья, было выявлено, что использование в дополнении рабочего оборудования надежность в целом снижается.

#### Результаты исследований.

Известно, что специальный автомобиль используется при проведении дорожно-строительных работ, а также при использовании для перевозки специфических грузов, которые требуют определенных условий перевозки, погрузки и разгрузки. К ним относятся сыпучие и жидкие грузы, твердые бытовые отходы и др. При этом техническое состояние данных автомобилей оказывает на своевременное и эффективное выполнение качественной работы. В результате анализа технического состояния парка специальных автомобилей, эксплуатирующийся предприятиями Приднестровья,

показал, что парк данных автомобилей используется с превышающими амортизационными сроками. Поэтому это приводит к частым потерям работоспособности, из-за выхода из строя агрегатов имеющих предельный ресурс, что увеличивает затраты на ремонт и, в частности, на запасные части. Однако проведя анализ литературных источников, было определено, что рабочее оборудование теряет свою работоспособность в процессе эксплуатации еще до наступления амортизационных сроков. Это связано с загруженностью рабочего оборудования и не своевременного обслуживания агрегатов и узлов гидропривода. Поэтому для получения достоверных данных необходимо было получить частоту отказов, благодаря которым возможно использовать резервирование необходимых запасных частей и агрегатов. Кроме того благодаря определению наиболее часто отказов агрегатов и определить ресурсопределяющие детали, которые необходимо или можно будет восстанавливать, с целью снижения затрат на ремонт и дальнейшую эксплуатацию специальных автомобилей.

В связи с этим необходимо было провести исследования влияния условий эксплуатации специальных автомобилей на работоспособность и долговечность.

Поэтому дальнейшие исследования проводили на предприятиях Приднестровья, которые эксплуатируют парк специальных автомобилей. Наблюдения проводились в течение 2019–2021 гг. За базовое предприятие было выбрано МУП «КоммуналДорСервис» г. Бендеры, так как его парк максимально полно обладает наибольшим разнообразием по дорожно-строительным и коммунальным направлениям, при этом используется разномарочный парк специальных автомобилей (табл. 1) [2].

Для достоверности сбора и анализа данных, влияющих на техническое состояние и условия эксплуатации на ресурс узлов и агрега-

Таблица 1

Специализированные автомобили МУП «КоммуналДорСервис» г. Бендеры

Наименование техники	Марка и базовое шасси	Количество, шт	Средняя наработка с начала эксплуатации
Мусоровоз	КО-415А на базе МАЗ и КамАЗ	12	325000 км
Мусоровоз	Econic на базе Mercedes benz	10	458000 км
Самосвал	КамАЗ-5511	10	275000 км
Самосвал	ЗИЛ ММЗ-555	5	282000 км
Самосвал	МАЗ-5337	2	302000 км
Самосвал	MAN 35	8	386000 км



Рис. 2. Структура отказов на примере самосвала КамАЗ-5511

тов специальных автомобилей, полученную информацию регистрировали в журнале наблюдений и опросных листе по каждой единице специального автомобиля в отдельности.

При проведении наблюдений за специальными автомобилями, было установлено (табл. 1), что специальные автомобили имеют большую среднеарифметическую наработку с начала эксплуатации, это связано со спецификой экономического положения предприятий Приднестровья, эксплуатирующих специальные автомобили. Это оказывает существенное влияние на частоту отказов агрегатов и узлов специальных автомобилей. В процессе исследований было выявлено, что в основном отказы узлов и агрегатов устраняли заменой новой или заранее отремонтированными деталями. Однако, иногда устранение отказов заменой детали не устранял причину возникновения из-за чего через короткий период могли возникнуть однотипные отказы приводящие к потере работоспособности. Например, замена гидрораспределителя с некачественными новыми золотниками могло привести к выходу гидрораспределителя. При этом было выявлено, что в большинстве случаев при возникновении отказов

узлов и агрегатов, их в основном, заменяли новыми, или заранее отремонтированными. В результате этих наблюдений стало возможным получить сведения возникновения отказов после их устранения.

Проведенные наблюдения за специальными автомобилями предприятий Приднестровья были взяты под наблюдение специальные автомобили наибольшего количества: самосвалы (на базе КамАЗ и МАЗ) и мусоровозы (на базе Mercedes-benz, КамАЗ и МАЗ), это связано с тем, что в них используется большое количество различного рабочего оборудования, управляемого с помощью гидропривода. На основании анализа возникновения неисправностей, была разработана структура отказов основных узлов и агрегатов специальных автомобилей, а также в отдельности структура наиболее значимых агрегатов. В полученной структуре были выделены отдельные узлы и агрегаты, имеющие наибольшее количество отказов в процессе эксплуатации, а также в отдельности рассмотрены детали и узлы агрегатов и систем, которые значительно влияют на работоспособность автомобиля (рис. 2, 3) [2].

При анализе полученных результатов было выяснено, что наибольшее количество отказов у самосвалов (рис. 2) занимает гидравлическая система, на которую приходится 32 % всех отказов, при этом рабочие органы (кузов) и шарниры рабочего оборудования приходится соответственно 23 % и 11 %, что согласуется с данными [2].

Согласно данным основными причинами такого количества отказов являются в основном условия эксплуатации и их конструктивно-технологические характеристики специальных автомобилей. Это связано с высокой загруженностью в процессе эксплуатации рабочего оборудования, которое управляется с помощью гидропривода, а также с не соблюдением технических требований и рекомендаций в про-



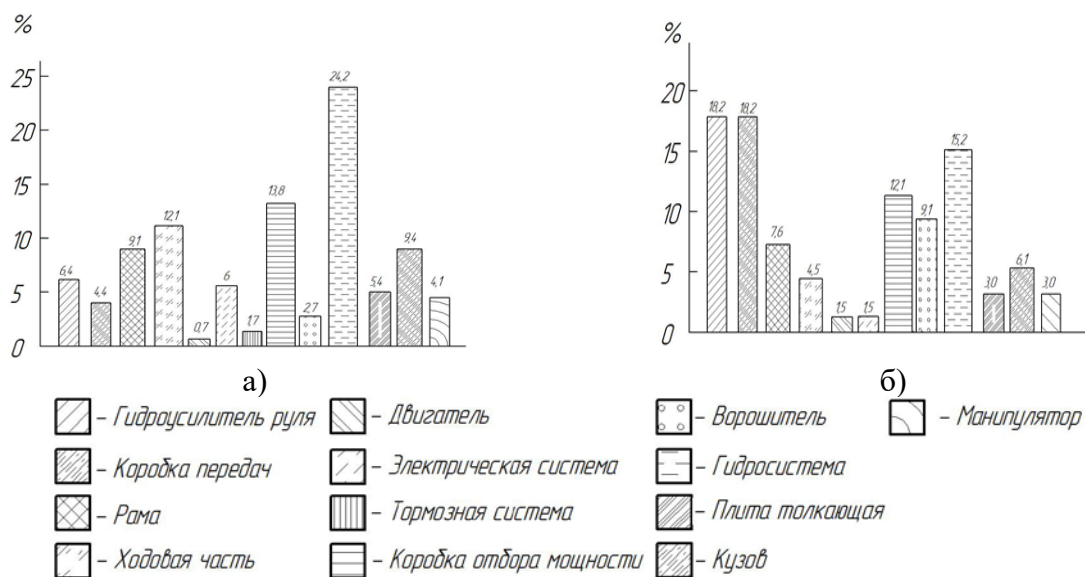


Рис. 3. Структура возникающих отказов у мусоровозов на базе автомобиля:  
а – Мерседес-бенц, б – КамАЗ и МАЗ

цессе ремонта и обслуживания. Так, например, использование некачественных запасных частей и эксплуатационных материалов оказывает значительное влияние на работоспособность специальных автомобилей и появления отказов при выполнении технологических операций при выполнении работы.

Проанализировав полученные результаты по отказам и неисправностям, возникающие в процессе эксплуатации мусоровозов на базе автомобилей Мерседес-бенц и КамАЗ, использующих наибольшее количество рабочего оборудования (рис. 3), было выяснено, что также как у самосвалов и у мусоровозов наибольшее количество отказов занимает гидравлическая система (гидропривод). Она используется в приводе управления рабочими органами при

проведении необходимых технологических операций (погрузка, разгрузка, уплотнение). При этом было выяснено, что количество отказов, приходящиеся на гидроусилитель руля и кузов мусоровозов отечественного производства имеет большее количество по сравнению с мусоровозами на базе автомобиля Мерседес-бенц, это соответствует данным, которые приведены в работах.

В результате анализа потока отказов, возникающих в гидравлическом приводе мусоровозов (рис. 4), было выявлено, что основными агрегатами и узлами, влияющими на работоспособность автомобиля, в целом являются – гидронасосы (плунжерные, аксиально-поршневые и шестеренчатые), гидрораспределители, гидроцилиндры и др. (рис. 4), работающие при высоких нагрузках, что согласуется с результатами исследований [2].

Выполненный анализ количества отказов деталей и узлов гидравлического привода специальных автомобилей, которые эксплуатируются предприятиями Приднестровья, выявил, что наибольшее количество отказов приходится в осенне-зимний период (на 20-80 %). Поэтому простой специальных автомобилей в ремонте увеличивается в 1,2–1,5 раза, это соответствует полученным результатам исследований в работах. Это связано, с климатическими условиями работы автомобилей, так как при отрицательных температурах в узлах и деталях гидропривода нарушаются зазоры, а также увеличивается нагрузка из-за повышения вязкости гидравлической жидкости, а также замерзания кон-

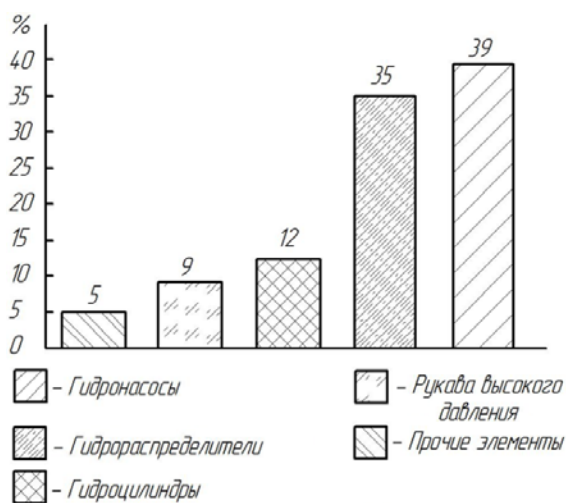


Рис. 4. Структура отказов, возникающих в гидравлическом приводе



денсата и значительного ухудшения состояния резинотехнических уплотняющих деталей.

В результате анализа возникающих отказов специальных автомобилей, которые эксплуатируют на предприятиях Приднестровья, были определены средние наработки на отказ по узлам и агрегатам автомобиля (табл. 2).

В результате анализа данных в табл. 2, можно заключить, что наибольшая вероятность потеря работоспособности автомобиля из-за отказов возникающих в узлах и агрегатах гидропривода – гидронасосов, гидрораспределителей и гидроцилиндров.

При проведении анализа надежности гидрораспределителей, используемых на специальных автомобилях, было выявлено, что ресурсоопределяющим узлом является золотниковая пара. На ресурс золотниковой пары оказывает значительное влияние условия эксплуатации, при этом основной причиной снижения ее ресурса является гидроабразивное изнаши-

вание.

Так согласно данным средний срок работы гидрораспределителей составляет не менее 4 лет, при этом средняя наработка составляет 4000–6000 моточасов. Однако, полученные данные по предприятиям Приднестровья, которые эксплуатируют специальный автотранспорт, возникают отказы при меньшей наработке, что обусловлено низким качеством обслуживания и ремонта, а также отсутствием оригинальных деталей, это соответствует полученным результатам исследований в работах.

При проведении исследований возникающих неисправностей, приводящих к потере работоспособности гидрораспределителей, выявлено, что наибольшее влияние оказывает исправность золотниковой пары, которая подвержена гидроабразивному изнашиванию (табл. 3).

Золотниковая пара является основным ресурсоопределяющим узлом гидрораспределителей, износ которой приводит к полной потере

Таблица 2

Средние наработки возникновения отказов узлов и агрегатов специальных автомобилей [2]

№	Агрегат или механизм	Нарботка, км пробега
1	Двигатель	15600
2	Рулевой механизм	23400
3	Рабочие узлы	5100
4	Электроприборы и оборудование	14900
5	Трансмиссия (КПП и задний мост)	13290
6	Гидрораспределитель	9100
7	Гидронасос (плунжерный)	8900
8	Гидроцилиндры	9600
9	Соединительные шланги	10700
10	Рама и кузов	24400

Таблица 3

Виды дефектов гидрораспределителей, приводящих к потере работоспособности

№ п/п	Дефект	Количество возникающих неисправностей, раз.	Доля дефектов, %
1.	Потеря герметичности	45	22,06
2.	Потеря регулировки предохранительных клапанов	41	20,10
3.	Износ золотниковой пары	45	22,06
4.	Износ предохранительных клапанов	14	6,86
5.	Износ обратных клапанов	12	5,88
6.	Нарушение целостности уплотнений золотников	12	5,88
7.	Поломка обратной пружины золотников	6	2,94
8.	Поломка пружины клапана в золотнике хода	5	2,46
9.	Царапины и царапины рабочей поверхности золотников	4	1,96
10.	Прочие дефекты	20	9,80
	Всего	204	100

работоспособности агрегата. Одной из причин потери работоспособности золотников является гидроабразивный износ их рабочих поверхностей. Причинами гидроабразивного износа являются: недостаточная твердость поверхности, большая шероховатость, наличие микротрещин и др. [2]

Известно, что поверхностная обработка и упрочнение играют значительную роль при изготовлении и упрочнении деталей автомобилей, которые подвержены различным видам изнашивания, при которых гидроабразивное приводит к наибольшим износам рабочих поверхностей золотников.

Рассмотрим процессы, происходящие при гидроабразивном изнашивании деталей. Изнашивание рабочей поверхности происходит при высоких давлениях, в сочетании с наличием частиц продуктов износа в жидкости из-за плохой фильтрации или превышением интервала замены масла при обслуживании техники. При этом на поверхности возникают высокие давления с абразивным воздействием твердых частиц. Поэтому данные детали подвергаются поверхностной закалке.

Однако для надежной работы деталей, работающих при гидроабразивном изнашивании, необходимо, чтобы шероховатость была не выше 0,16–0,32 мкм, так как увеличение высоты неровностей может приводить к ускоренной фреттинг-коррозии. Это обусловлено повреждением поверхности золотника из-за высокого давления контакта и перемещения с разрушением защитной окисной пленки металла. При этом возникают процессы окислительного разрушения с увеличением очага на поверхности контакта.

Также одним из факторов, влияющих на работоспособность золотника, является наличие микротрещин на рабочей поверхности деталей, работающих при гидроабразивном изнашивании. Так наличие трещин является одной из причин разрушения и высокого износа золотников. Это объясняется тем, что в процес-

се работы высокие давления и наличие абразивных частиц в гидравлическом масле может приводить к концентрации высокого давления в трещинах и постепенному увеличению ее размеров с последующим аварийным разрушением рабочей поверхности золотника. Также это можно объяснить возможностью возникновения кавитационных процессов и «схлопыванию» пузырьков при большом давлении, что приводит к гидроударам в области трещины и ее роста до критических размеров.

В результате специфики работы деталей, при гидроабразивном изнашивании необходимо учесть, предусмотреть и выбрать тот способ восстановления, который позволит исключить дефекты поверхностей, которые могут привести к потере работоспособности детали и надежности агрегата в целом (рис. 5). Поэтому при восстановлении деталей автомобилей предъявляются следующие требования [3–5]:

Толщина и шероховатость покрытия при восстановлении детали должна удовлетворять техническим требованиям;

Не должно быть трещин на рабочей поверхности деталей;

Стоимость восстановления детали не должна превышать 75-80 % от стоимости новой детали.

Так согласно данным одним из перспективных способов восстановления, деталей работающих при гидроабразивном изнашивании, в частности повышающих работоспособность гидрораспределителей в целом является электролитическое хромирование (рис. 5).

Выполненный анализ литературных источников и ряд работ исследователей были проанализировано использование электролитического хромирования в качестве восстановления деталей автомобилей. Было установлено, что из-за сложности внедрения в производства и больших энергетических затрат широкого применения электролитического хромирования для восстановления деталей автомобилей не получило, в большей степени в

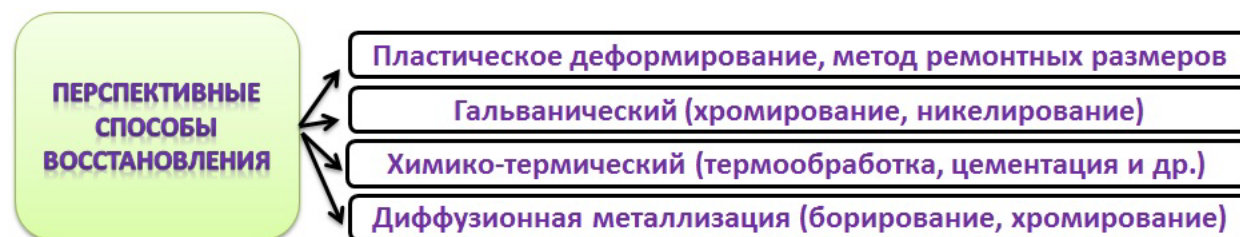


Рис. 5. Перспективные методы ремонта прецизионных деталей

качестве декоративных и антикоррозионных покрытий.

Однако хромированные покрытия обладают следующими преимуществами [3–10]:

- высокая микротвердость (4000–12000 МПа);

- высокая износостойкость, превышающая эталонные пары трения в несколько раз;

- отсутствие термического влияния на поверхность детали, что исключает снижение усталостной прочности;

- холодостойкость;

- достаточно высокая прочность сцепления с поверхностью детали и др.

Известно, что для получения хромовых покрытий обязательным условием является наличие двух основных компонентов – хромового ангидрида и посторонних анионов (рис. б).

При этом концентрация хромового ангидрида в электролите хромирования, может варьироваться в пределах 50–700 г/л. Особое значение для получения хромовых покрытий с определенным качеством и производительностью имеет различная концентрация посторонних анионов. При этом их количество по отношению к хромовому ангидриду играет важную роль в процессе формирования хромового покрытия с заданными свойствами и производительностью. В процессе работы ванны хромирования они вместе с хромовым ангидридом расходуются, изменяя концентрацию в растворе электролита, что приводит к изменениям качества покрытий и производительности. Поэтому при разработке нового состава электролита им уделяется особое внимание [4, 5, 9, 10].

Использование электролитического хромирования, в качестве восстановления деталей автомобилей в виду положительных преимуществ, описанных выше, позволяет увеличивать ресурс деталей, особенно это касается деталей, которые имеют высокий остаточный ресурс. Однако широкое распространение для восстановления деталей автомобилей электролитическое хромирование не получило в виду малой толщина получаемых качественных покрытий (0,1–0,3 мм).

Проведенный исследования современных автомобилей, а также прецизионных деталей показал, что предельные износы деталей узлов и агрегатов автомобилей, приводящие к потере работоспособности находятся в пределах 0,1–0,5 мм. Использование усовершенствованных технологий электролитического хромирования позволяют получать хромовые покрытия толщиной до 0,7 мм с высокой производительностью,

что открывает возможность использовать его в качестве способа восстановления.

Поэтому поиск и совершенствование электролитического хромирования с целью увеличения толщины качественных покрытий с высокой производительностью – является главной задачей авторемонтного производства с целью снижения издержек на ремонт и восстановления работоспособности агрегатов.

Исследования по совершенствованию процесса хромирования для авторемонтного производства занимались ученые как Кудрявцев Н. Т., Петров Ю. Н., Лайнер В. И. и др.

Данными авторами было выявлено, что использование хромирования в качестве упрочнения и восстановления деталей автомобилей позволит увеличить межремонтный период в несколько раз, что снизит эксплуатационные затраты автомобилей в целом. Поэтому количество деталей, которые возможно восстанавливать электролитическим хромированием постоянно увеличивается.

Результаты исследований ученого Стратулат М. П., доказали, что использования хромирования для восстановления прецизионных деталей увеличивает долговечность в несколько раз, благодаря чему снижаются затраты на эксплуатацию автомобилей и тем самым затраты автотранспортных предприятий.

При этом авторами А. Н. Котомчиным, В. А. Зориным, Н. И. Корнейчуком, утверждается, что использование хромирование для восстановления деталей, работающих при гидроабразивном изнашивании, имеет важное технико-экономическое значение для предприятий, эксплуатирующих специальные автомобили. Однако, требуется проведения исследований по изысканию по совершенствованию способа хромирования с целью получения хромовых покрытий с высокой производительностью и качеством с возможностью внедрения в производство [12].

Результаты проведенного анализа литературных источников и научных работ показывают, что среди всех способов восстановления плунжерных пар, золотников гидрораспределителей хромирование занимает ведущее место по надежности отремонтированных деталей.

Исследования, проведенные в диссертации Котомчиным А. Н., позволили получить новый состав электролита, при этом было получено следующее [3–12]:

Установлен оптимальный состав и режимы осаждения хромовых покрытий. Проведены исследования и установлены закономерности влияния состава и концентрации добавок в хо-

лодном саморегулирующемся электролите хромирования, его температуры и катодной плотности тока на выход хрома по току, микротвердость и морфологию покрытий. Получено, оптимальным сочетанием в электролите является соли сульфата никеля и кобальта с дополнительной неорганической добавкой плавиковой кислоты, при котором обеспечивается устойчивая производительность и качество покрытий при температуре электролита 18–35 °С и катодной плотности 75–200 А/дм<sup>2</sup>. Поляризационными исследованиями выявлена степень влияния состава электролита на кинетику процесса осаждения хромовых покрытий.

Установлено, что для нанесения качественных хромовых покрытий из холодного саморегулирующемся электролита при повышенных температурах в качестве постороннего аниона целесообразно использовать сочетание двух посторонних анионов SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> и F<sup>-</sup>.

Разработаны математические модели влияния химического состава и концентрации компонентов электролита, режимов получения хромовых покрытий (катодная плотность тока и температура электролита) на производительность формирования покрытия (выход по току), микротвердость и качество получаемых хромовых покрытий.

В результате проведенных исследований нового состава электролита была проведена математическая обработка полученных данных с целью определения закономерности влияния различных условий электролиза и неорганической добавки плавиковой кислоты на один из важных критериев, определяющих качество хромового покрытия – микротвердость.

С целью определения достоверности проведенных исследований был проведен статистический анализ полученных результатов для определения закономерностей и уравнения регрессии, описывающее влияние независимых факторов на микротвердость.

Проведенные экспериментальные исследования позволили установить, что наибольшее влияние на микротвердость хромовых осадков



Рис. 6. Условие получения хромовых покрытий

оказывают следующие факторы: плотность тока, количество плавиковой кислоты, рабочая температура электролита (рис. 7). Поэтому были выбраны определяющие факторы, остальные были отсеяны как наименее значимые.

Для проведения полно факторного эксперимента установили уровни варьирования перечисленных выше факторов (-1, 0, +1) с целью статистической обработки результатов исследований (табл. 4).

Для наиболее точной обработки данных был выбран факторный план планирования эксперимента 3-1-27, где 3 – количество независимых факторов, 1 – зависимый фактор и 27 – количество обработанных данных, полученных среднеарифметическим вычислением микротвердости при проведении не менее трех опытов.

В результате проведенной статистической обработки данных была получена математическая модель, которая признана адекватной, что было подтверждено результатами анализа в программе «Statistika 13» (значения критериев Стьюдента и Фишера получались меньше табличных).

При обработке полученных результатов было установлено, что все 27 точек находятся в области факторного пространства, распределены симметрично относительно нуля, закон их распределения близок к нормальному. Поэтому влияние случайных и не случайных ошибок на

Таблица 4

Уровни изменения факторов

Независимые факторы		Натуральное значение/кодированное		
		Нижнее значение	Среднее значение	Верхнее значение
Катодная плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	X <sub>1</sub>	50/-1	125/0	200/1
Количество плавиковой кислоты, г/л	X <sub>2</sub>	0/-1	0,5/0	1,0/1
Рабочая температура электролита, °С	X <sub>3</sub>	18/-1	27/0	35/1

результат сведено к минимуму.

Для наглядного представления математической модели построены графики в трехмерном пространстве координат. Графический материал поверхности по микротвердости был получен с помощью программы «Statistika 13» и приведен в [8, 10, 11].

Для вывода уравнения регрессии по микротвердости необходимо использовать значения коэффициентов, которые получены с помощью встроенного модуля «Дисперсионный анализ» программы «Statistika 13», с отметкой программы значимых факторов.

Из дисперсного анализа последние четыре столбца включают значения коэффициентов линейного уравнения регрессии при варьировании уровней значений факторов. Таким образом, мы можем использовать данные величины для предсказания значений переменной  $Y$  (микротвердость), при этом искомое уравнение регрессии примет вид:

$$Y = 9,985 + 0,54X_1 + 1,59X_2 - 0,48X_3 - 0,52X_1X_2 + 0,04X_1X_3 + 0,10X_2X_3 + 0,05X_1^2 + 1,59X_2^2 - 0,48X_3^2,$$

где  $Y$  – обозначает предсказываемый выход (микротвердость);  $X_1, X_2, X_3$  – перекодированные независимые факторы (-1, 0, +1).

Полученное уравнения регрессии, дает возможность предсказать значение микротвердости получаемого хромового покрытия, при изменении независимых факторов – плотность тока, количество плавиковой кислоты и рабочая температура электролита (рис. 7).

В результате проведенного анализа удалось определить оптимальный состав электролита хромирования и режимы получения хро-



Рис. 7. Результаты оптимизации состава электролита хромирования и режимов осаждения

мовых покрытий, с высокой производительностью и физико-механическими свойствами.

*Эксплуатационные испытания и внедрение*

Критерием оценки целесообразности применения разработанной технологии восстановления, с использованием разработанного ХСЭХ для восстановления деталей автомобилей, работающих при гидроабразивном изнашивании, явились результаты ускоренных стендовых и эксплуатационных испытаний золотниковых пар, восстановленных по новой технологии. Ускоренные стендовые испытания гидрораспределителей Р-80 3/1-444 проведены на базе частного предприятия ООО «Autehreparatie», находящегося в г. Оргеев республики Молдова.

Для сравнительной оценки способа восстановления золотников гидрораспределителей Р-80 3/1-444 производились испытания деталей серийного выпуска, восстановленных перекомплектованием, хромированием в универсальном и холодном саморегулирующемся электролитах.

В результате испытаний было установлено, что износостойкость золотников гидрораспределителей, восстановленных хромированием в холодном саморегулирующемся электролите равнозначна износостойкости серийных, выше, чем у перекомплектованных и никелированных, и не уступает плунжерным парам, восстановленным хромированным в универсальном электролите [12].

Проведенные испытания подтвердили перспективность применения холодного саморегулирующегося электролита даже для таких деталей, как плунжерные пары, которые, как известно, являются прецизионными, сверхточными деталями.

Для проверки работоспособности деталей, восстановленных по разработанной технологии в эксплуатационных условиях нами были укомплектованы гидрораспределители Р-80 3/1-444 (3 шт) золотниками гидрораспределителя одной серии выпуска, один с комплектом деталей, восстановленных хромированием в универсальном электролите, и два комплекта – в холодном саморегулирующемся электролите. Гидрораспределители были установлены на специализированном автотранспорте – мусоровозах КО-440 на базе автомобиля КамАЗ-53215, выполняющих работы по вывозу бытовых отходов в условиях МУП «КоммуналДорСервис» г. Бендеры, Приднестровье. После окончания проводимого объема работ гидрораспределители были доставлены в лабораторию.

Осмотр внешнего вида золотников показал, что на хромированных деталях в самых

уязвимых местах видимых следов износа не оказалось в то время, как у серийных на головках были четко видны риски. Измерения показали, что износ хромированных поверхностей у торца головки не превышал 1 мкм, а у серийных 3–4 мкм.

Таким образом, золотники, восстановленные по новой технологии с помощью разработанного электролита хромирования, по ресурсу превышают серийные (новые) в несколько раз.

Дополнительно были проведены исследования восстановленных золотников гидрораспределителей Р-80 3/3-444 на ООО «Агромеханизм» г. Тирасполь, Приднестровье, Молдавия, где были выполнены и внедрены следующие разработки: типовой технологический процесс восстановления золотников гидрораспределителей Р-80 3/3-444 с использованием разработанного нового состава электролита износостойкого хромирования саморегулирующегося типа. Разработана методика контроля и поддержания необходимого состава электролита при работе гальванической ванны. Разработан комплект технологических документов – технологические и маршрутные карты для восстановления золотников гидрораспределителей Р-80 3/3-444.

Результаты испытаний, проведенных в ООО «Агромеханизм» подтвердили целесообразность восстановления деталей гидроаппаратуры, работающих при гидроабразивном изнашивании. При этом долговечность золотников гидрораспределителей увеличилась на 30 % по сравнению с новыми золотниками, что дало возможность повысить работоспособность агрегатов в целом с необходимой надежностью.

В ходе внедрения технологии восстановления, решалась задача внедрения в ремонтное производство разработанной установки по поддержанию заданного рабочего температурного режима при проведении износостойкого хромирования с использованием разработанного состава электролита.

При внедрении результатов исследований установлено, что разработанная технология восстановления с использованием нового холодного саморегулирующегося электролита хромирования позволяет восстановить золотники с увеличением межремонтного срока службы гидрораспределителей и снизить трудоемкость проведения ТО и ремонта на 50 % [12].

#### Выводы.

В результате выполненных исследований были получены следующие результаты:

Исследованы условия электролиза и предложен способ высокопроизводительного хромирования в разработанном электролите, состава г/л: хромовый ангидрид – 420–450; карбонат кальция – 50–70, сульфат никеля – 10, сульфат кобальта – 10 и плавиковая кислота – 0,65–0,9, обеспечивающий осаждение качественных покрытий толщиной более 200 мкм со скоростью 100–400 мкм/ч, с выходом по току 46–50 % и микротвердостью 8500–11500 МПа, при температуре электролита 18–35 °С и катодной плотности тока 75–200 А/дм<sup>2</sup>.

Проведены испытания получаемых хромовых покрытий из разработанного электролита хромирования на прочность сцепления и износостойкость, подтвердившие возможность использования для восстановления деталей автомобилей, работающих при гидроабразивном изнашивании – золотники гидрораспределителей, плунжеры гидравлических и топливных насосов и др.

#### Список литературы

1. Котомчин, А. Н. Восстановление деталей узлов и агрегатов техники, работающих при гидроабразивном изнашивании / А. Н. Котомчин, Е. Ю. Ляхов // Ремонт. Восстановление. Модернизация». – 2019. – № 5. – С. 8–12.
2. Котомчин, А. Н. Влияние условий эксплуатации дорожно-строительных машин и специализированного автотранспорта на ресурс их узлов и агрегатов / А. Н. Котомчин, Н. И. Корнейчук // Технический сервис машин. – 2019. – № 2 (135). – С. 135–142.
3. Котомчин, А. Н. Усовершенствование холодного саморегулирующегося электролита хромирования при упрочнении и восстановлении деталей машин / А. Н. Котомчин, А. Ф. Синельников // Мир транспорта и технологических машин. – 2019. – № 4 (67). – С. 17–24.
4. Котомчин, А. Н. Сравнительная характеристика электролитов хромирования для восстановления и упрочнения деталей маши / А. Н. Котомчин, А. Ф. Синельников, Н. И. Корнейчук // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2020. – № 7. – С. 50–55.
5. Котомчин, А. Н. Интенсификация процесса электролитического хромирования при восстановлении и упрочнении деталей



машин / А. Н. Котомчин, А. Ф. Синельников, Н. И. Корнейчук // Мир транспорта и технологических машин. – 2020. – № 3 (70). – С. 22–32.

6. Котомчин, А. Н. К вопросу выбора способа восстановления деталей машин / А.Н. Котомчин, А.Ф. Синельников, Н.И. Корнейчук // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2020. – Т. 17. – № 1 (71). – С. 84-97.

7. Котомчин, А. Н. Установка для поддержания рабочей температуры электролитов при восстановлении деталей машин гальваническими покрытиями / А. Н. Котомчин, А. Ф. Синельников // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2020. – Т. 17. – № 4 (74). – С. 500–511.

8. Котомчин, А. Н. Моделирование ограничений при оптимизации эффективности хромирования деталей машин / А. Н. Котомчин, Ю. В. Штефан, В. А. Зорин // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2020. – Т. 17. – № 6 (76). – С. 736–752.

9. Котомчин, А. Н. Использование износостойкого хромирования при восстановлении и

упрочнении деталей автомобилей / А. Н. Котомчин, А. Ф. Синельников, Н. И. Корнейчук // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2021. – № 1 (64). – С. 11–17.

10. Котомчин, А. Н. Влияние неорганических добавок и условий электролиза хромирования на качество получаемых покрытий для восстановления и упрочнения деталей машин / А. Н. Котомчин, А. Ф. Синельников, Н. И. Корнейчук // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2021. – № 7. – С. 49–56.

11. Котомчин, А. Н. Оптимизация работы ванны хромирования при восстановлении деталей автотранспорта / А. Н. Котомчин // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2021. – Т. 18. – № 4 (80). – С. 390–405.

12. Котомчин, А. Н. Производственные рекомендации по применению электролита хромирования в условиях предприятий Приднестровья / А. Н. Котомчин, Н. И. Корнейчук // Мир транспорта и технологических машин. – 2021. – № 3 (74). – С. 24–34.



УДК 629.33:66.017

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО МЕДНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

**Янута Антон Сергеевич**

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»  
ст. преподаватель; г. Бендеры, Приднестровье  
*e-mail: ianyta\_anton@mail.ru*

**Задорожный Григорий Сергеевич**

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»  
ведущий специалист; г. Бендеры, Приднестровье  
*e-mail: mr.a.i.d.o@mail.ru*

**Аннотация.** В статье представлены исследования процесса осаждения электролитического медного покрытия из сульфатных электролитов при стационарном электролизе, применительно к восстановлению деталей автомобильного транспорта. Представлены зависимости скорости осаждения, выхода по току и морфологии покрытия от состава, применяемого электролита меднения и режимов осаждения. Установлено, что максимальный выход по току и наиболее гладкое покрытие формируется из электролита состава 250 г/л – сульфат меди, 70 г/л – серная кислота. Наибольшая производительность осаждения (скорость осаждения) установлена у электролита составом 150 г/л – сульфат меди, 50 г/л – серная кислота.

В ходе исследований анализируется влияние краевого эффекта на качество получаемого покрытия электролитической меди. Исследования проводились согласно плану работы учебно-исследовательской лаборатории «Реновации машин и оборудования» при кафедре «Инженерные науки, промышленность и транспорт» БПФ ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко».

**Ключевые слова:** электролитическое меднение, медное покрытие, восстановление, электролит, скорость осаждения, плотность тока, морфология покрытия, качество покрытия.

### STUDY OF THE PROCESS OF DEPOSITION OF ELECTROLYTIC COPPER COATING FOR RESTORATION OF PARTS OF AUTOMOBILE TRANSPORT

**Annotation.** The article presents studies of the process of deposition of an electrolytic copper coating from sulfate electrolytes during stationary electrolysis, as applied to the restoration of motor transport parts. The dependences of the deposition rate, current efficiency, and coating morphology on the composition, used copper-plating electrolyte, and deposition modes are presented. It has been established that the maximum current efficiency and the smoothest coating are formed from an electrolyte of the following composition: 250 g/l - copper sulfate, 70 g/l - sulfuric acid. The highest deposition productivity (deposition rate) was found for the electrolyte with the composition: 150 g/l - copper sulfate, 50 g/l - sulfuric acid.

In the course of the research, the influence of the edge effect on the quality of the resulting coating of electrolytic copper is analyzed. The studies were carried out according to the work plan of the educational and research laboratory "Renovation of machines and equipment" at the department "Engineering sciences, industry and transport" BPF PSU named after T.G. Shevchenko.

**Keywords:** electrolytic copper plating, copper coating, reduction, electrolyte, deposition rate, current density, coating morphology, coating quality.

#### Введение

Гальваническое осаждение металлов широко применяемый процесс упрочнения и восстановления деталей машин и оборудования. Наиболее известными в автомобильной отрасли являются процессы осаждения хромового, железного, никелевого покрытий и их сплавов [13, 34]. Хромовые покрытия имеют высокую микротвердость и износостойкость [27, 28, 29, 30]. В основу электролитов применяемых при оса-

ждении износостойкого хромового покрытия входит шестивалентный хром, который ограничен в использовании согласно директивы Евросоюза RoHS 2011/65/EU [19, 22]. Кроме этого процесс осаждения хрома малопроизводителен, имеет низкий выход по току (13-24 %) и требует большого количества электроэнергии, в связи с применением высоких плотностей тока [5, 23, 31, 43].

Электролитическое железнение, а также осаждение сплавов на основе железа производительный процесс (до 0,4 мм/ч) позволяет получать покрытия высокой микротвердости (до 800–900 кг/мм<sup>2</sup>) при применении малотоксичных электролитов по сравнению с осаждением чистого хромового покрытия, без содержания шестивалентного хрома в электролитах [15, 34, 41, 45]. Известны различные по составу и природе электролиты, такие как сульфатные, хлоридные и сульфатно-хлоридные электролиты [10, 11, 43]. Исследованию осаждения бинарных (двойных) электролитических покрытий на основе железа посвятили себя исследователи Петров Ю. Н., Корнейчук Н. И., Бомешко Е. В., Серебровский В. И., Серебровский В. В. и др. [6, 12, 16, 35, 38, 39, 42, 46, 47].

Применение электронных и мехатронных компонентов в современных автомобилях позволяет повысить управляемость, точность контроля и возможности настройки работы различных узлов, агрегатов и систем. В свою очередь приводом для данных систем наиболее часто являются электродвигатели. Данное инженерное решение применяется по различным причинам: не возможность применить ремennую передачу, т.к. агрегат находится в отдалении от двигателя внутреннего сгорания (ДВС), более точное управление, необходимость электрификации привода (например, в гибридных автомобилях).

Наиболее распространенным электродвигателем в автотранспортной технике является стартер, в конструкцию которого входит коллекторный электродвигатель и электродвига-

тель вентилятора салона. Существуют различные неисправности и дефекты электродвигателя стартера, которые приводят к дорогостоящему ремонту, а так же простою транспорта в ходе ожидания запасных частей. Наиболее частыми дефектами электродвигателя стартера являются износ коллектора и щеток, короткое замыкание обмотки якоря и щеткодержателя. В случае с коллекторным электродвигателем вентилятора салона встречаются в основном те же неисправности.

Проведя анализ существующих способов восстановления коллектора электродвигателя стартера, было выявлено, что в случае полного износа коллектора восстановлению он не подлежит [44]. Учитывая, что при износе коллектора в целом якорь электродвигателя может быть полностью исправен, можно утверждать, что якорь является ресурсопределяющей деталью. Стоимость покупки нового якоря соизмеримо с покупкой стартера бывшего в употреблении. Наиболее эффективным по трудоемкости, себестоимости способом восстановления коллектора является гальваническое осаждение. В свою очередь электролитическое меднение применяется в основном как защитно-декоративное или подложечное покрытие [4]. Как способ наращивания толстостенных покрытий для восстановления медных деталей электролитическое меднение практически не применяется.

Электролитическое меднение имеет высокий выход по току, но низкую скорость осаждения [32]. Применение малотоксичных сульфатных электролитов позволяет снизить затраты на охрану труда и экологические аспекты производства, а также имеет научный интерес для разработки способа осаждения толстостенных медных покрытий толщиной до 0,3 мм для восстановления медных деталей автомобильного транспорта.

В гальванотехнике существует большое количество способов совершенствования и интенсификации процесса осаждения, такие как перемешивание и барботирование электролита, применение ультразвуковых волн во время осаждения, нестационарные режимы электролиза и др. [9, 17, 21, 24, 25, 26, 33, 37]. Наиболее распространенным способом совершенствования кинетики и производительности процесса является изменение состава электролита и режимов осаждения.

Целью данных исследований является исследование влияния условий осаждения и состава электролита на производительность процесса (скорость осаждения), а также на

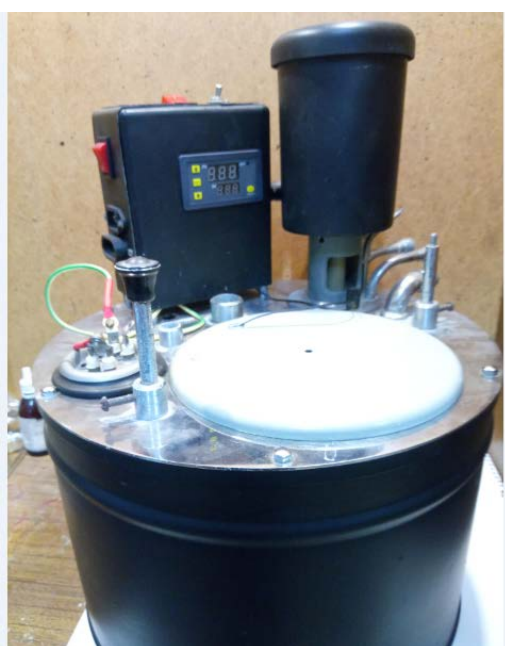


Рис. 1. Электролитическая ячейка

морфологию покрытия как вторичного показателя для определения оптимальных условий, с возможностью исследования процесса как способа восстановления деталей автомобильного транспорта.

Методика исследований. Для исследований применялись сульфатные электролиты имеющие простой состав, состоящие из двух компонентов сульфат меди ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) и серная кислота ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Объектом исследований являются сульфатные электролиты составов 1) 150 г/л – сульфат меди, 50 г/л – серная кислота (далее электролит №1); 2) 250 г/л – сульфат меди, 70 г/л – серная кислота (далее электролит № 2) [18].

Электролиты приготавливались следующим образом. Соль сульфата меди растворялась в необходимом количестве дистиллированной воды (примерно 0,4–0,5 от необходимого объема ванны). Полученный раствор перемешивался в электромагнитной мешалке до полного растворения соли. Далее добавлялось необходимое количество серной кислоты и дистиллированной воды. После приготовления электролит сутки отстаивался и переливался для отделения осадка в электролите. Для приготовления электролита применялись реактивы классификации «Ч» и «ХЧ», а так же дистиллированная вода и серная кислота [2, 3]. Условия осаждения: плотность тока 1–7 А/Дм<sup>2</sup>, температура электролита 25–1 °С.

Площадь применяемых цилиндрических медных образцов 0,03 Дм<sup>2</sup>. Осаждение вели в электролитической ячейке с поддержанием необходимой температуры точность 0,1 °С (рис. 1). Источником тока для ячейки являлся лабораторный блок питания. Кислотность электролита проверяли при помощи рН-метра модели Smart Sensor модель AS218 с точностью измерения 0,01 ед. рН. Калибровка рН метра производилась трехточечными буферными растворами. Выход металла по току определяли гравиметрическим способом [1]. Измерение толщины покрытия производилось микрометром 0–25 мм до и после осаждения медного покрытия. Масса покрытия рассчитывалась исходя из взвешивания образца до осаждения и после на аналитических весах ВЛР-200 (рис. 2).



Рис. 2. Аналитические весы ВЛР-200



Рис. 3. Микроскоп ММУ-3, модернизированный видеоокуляр, с подключением к персональному компьютеру

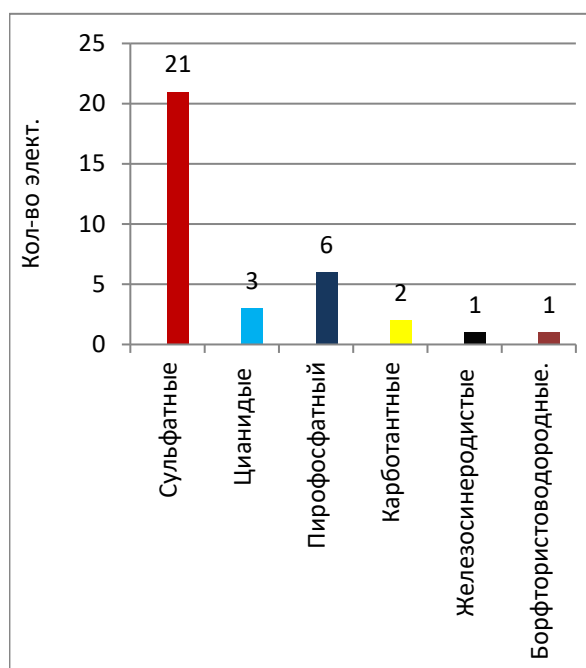


Рис. 4. Классификация электролитов меднения

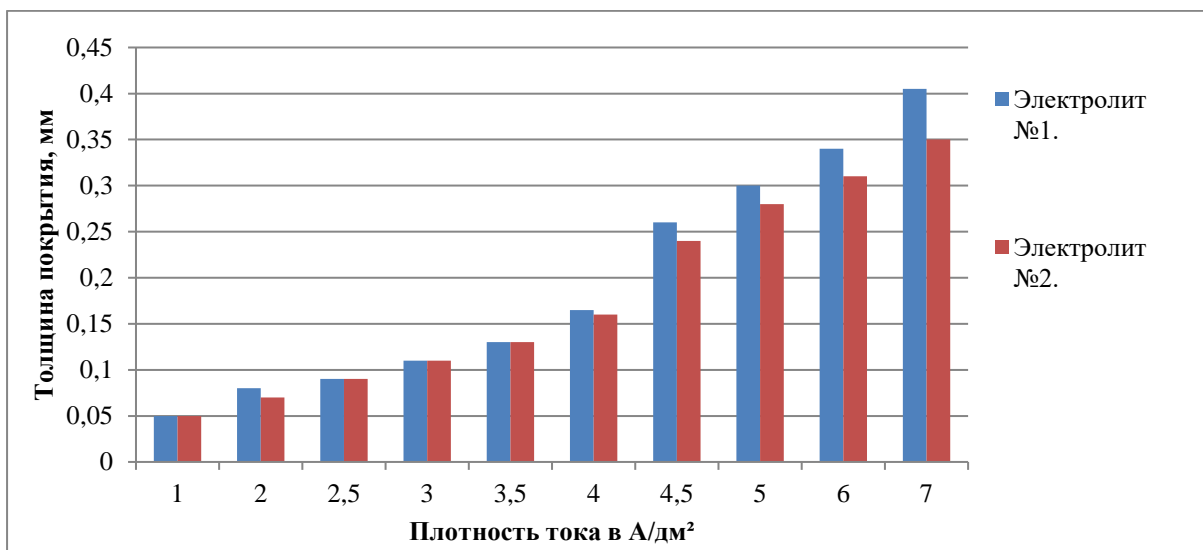


Рис. 5. Зависимость толщины покрытия от плотности тока и состава электролита

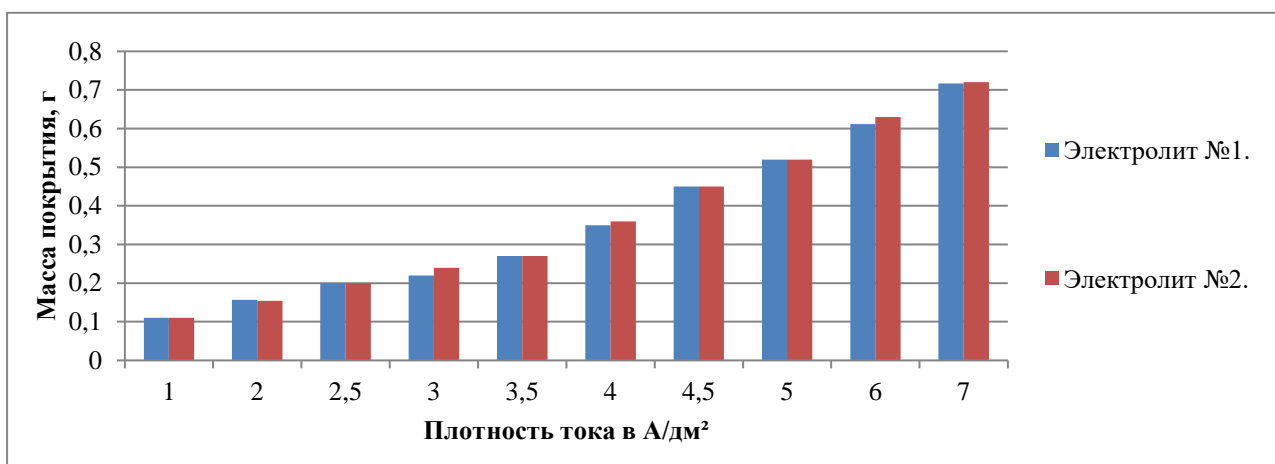


Рис. 6. Зависимость массы покрытия от плотности тока и состава электролита

Для осаждения образцы подготавливались следующим образом. Очищались наждачной бумагой зерном 800–1000 [20]. Промывались водой в течении 10 с, после обезжиривались венской известью. Перед осаждением образец химически травился в 10 % растворе серной кислоты в течении 10 минут [18].

Исследования морфологии покрытия фиксировалась на цифровом микроскопе с увеличением до 50-х, а также на металлографическом микроскопе ММУ-3, модифицированным видеоокулярном, с выводением изображения на персональный компьютер и обработкой специальным программным обеспечением S-EYE версии 1.6.0.11 (рис. 3).

Исследования производились на базе учебно-исследовательской лаборатории «Рено-

вации машин и оборудования» при кафедре «Инженерные науки, промышленность и транспорт» Бендерского политехнического филиала Приднестровского государственного университета им. Т.Г. Шевченко.

Результаты исследований. Для проведения прикладных исследований по совершенствованию технологии получения медного покрытия был проведен аналитический обзор существующих электролитов меднения. В ходе анализа выявлено, что электролиты меднения делятся на сульфатные, цианистые, пирофосфатные, карбонатные, железосинеродистые, борфтористоводородные. Всего было проанализировано порядка 35 электролитов (рис. 4) [4, 7, 8, 14, 36, 40].



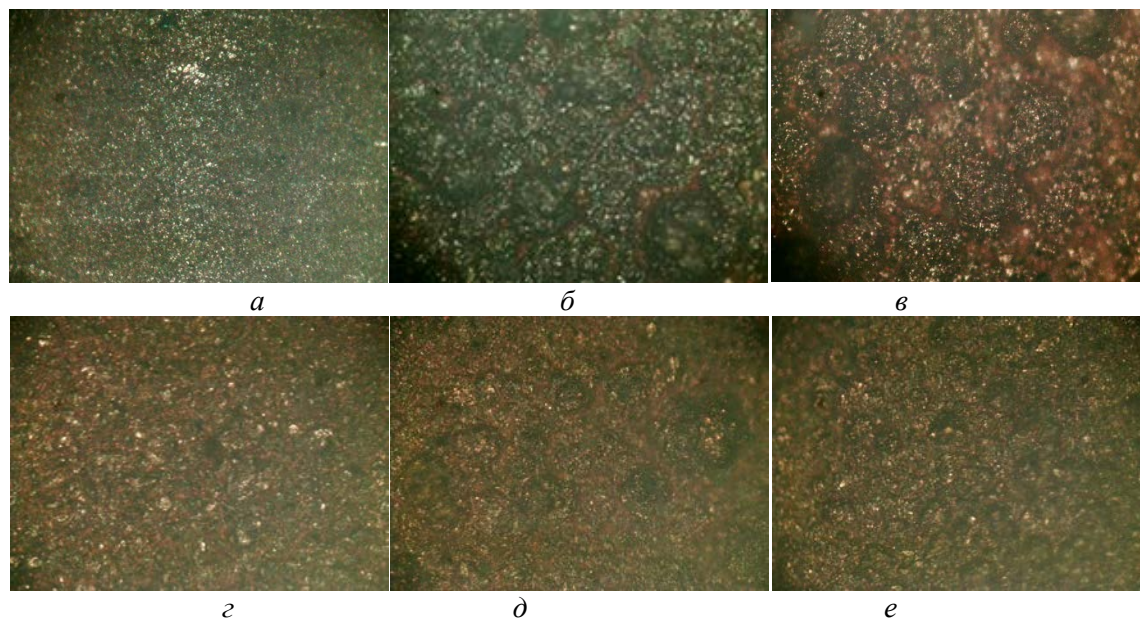


Рис. 7. Микрофотографии морфологии медных покрытий (250-х):  
 а – электролит № 1 плотность тока 1 А/Дм<sup>2</sup>; б – электролит № 1 плотность тока 6 А/Дм<sup>2</sup>;  
 в – электролит № 1 плотность тока 7 А/Дм<sup>2</sup>; г – электролит № 2 плотность тока 1 А/Дм<sup>2</sup>;  
 д – электролит № 2 плотность тока 6 А/Дм<sup>2</sup>; е – электролит № 2 плотность тока 7 А/Дм<sup>2</sup>

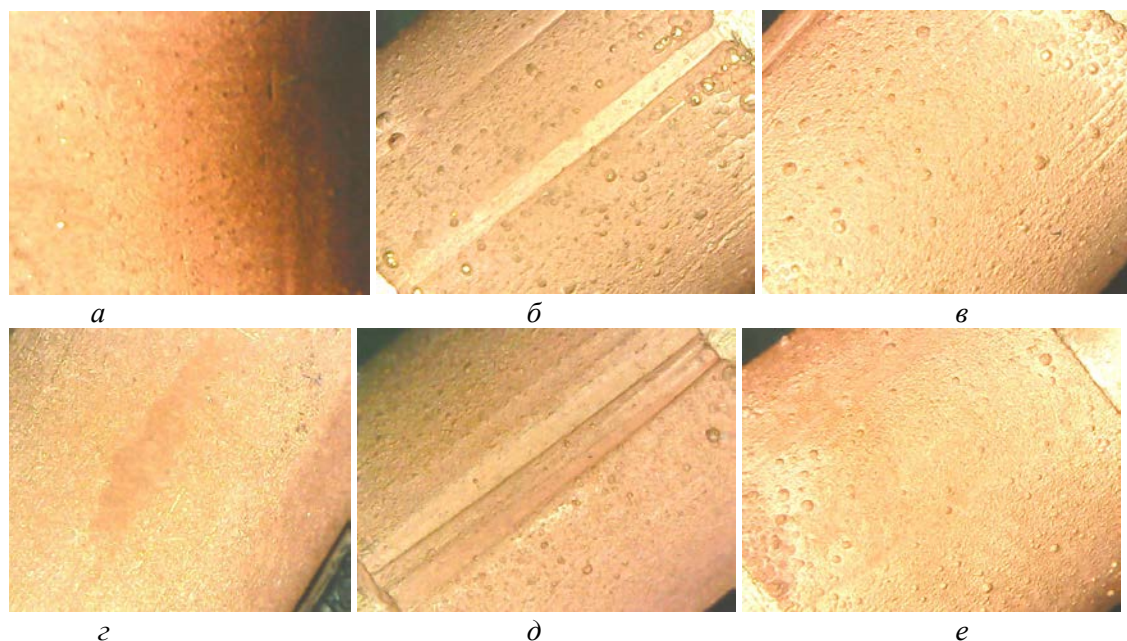


Рис. 8. Микрофотографии морфологии медных покрытий (23-х):  
 а – электролит № 1 плотность тока 2,5 А/Дм<sup>2</sup>; б – электролит № 1 плотность тока 3,5 А/Дм<sup>2</sup>;  
 в – электролит № 1 плотность тока 4,5 А/Дм<sup>2</sup>; г – электролит № 2 плотность тока 2,5 А/Дм<sup>2</sup>;  
 д – электролит № 2 плотность тока 3,5 А/Дм<sup>2</sup>; е – электролит № 2 плотность тока 4,5 А/Дм<sup>2</sup>

В литературных источниках наиболее многочисленными являются сульфатные электролиты меднения. Основным компонентом электролита являются медный купорос (сульфат меди) и серная кислота. Количество сульфата меди 50–250 г/л, плотность тока 0,5–40 А/Дм<sup>2</sup>,

температура электролита – 18–30 °С, выход по току 95–98 %.

После предварительного анализа составов электролитов и их условий эксплуатации для исследований возможности получения толсто-стенных оптимально использовать сульфатные электролиты, т.к. они имеют преимущества –

низкая стоимость и доступность реактивов, простота приготовления и контроля электролита, слабая окисляемость на воздухе, низкая токсичность компонентов и электролита в целом.

Так как электролитическое меднение имеет низкую производительность процесса, что неприемлемо при восстановлении деталей автомобильного транспорта, основным параметром сравнения устанавливаем наибольшая скорость осаждения. Для предварительных исследований были установлен диапазон плотностей тока 1–4 А/Дм<sup>2</sup>, рекомендуемый в литературах источника для стационарного осаждения, согласно аналитического обзора. В последующих опытах было принято решение о повышении плотности тока до 7 А/Дм<sup>2</sup>.

Как видно из диаграмм зависимости толщины и массы покрытия от плотности тока и

состава электролита (рис. 5, 6), толщина и масса осажденного медного покрытия достаточно близки по значениям и в некоторых случаях даже идентичны. Данная закономерность говорит о том, что электролиты имеют схожие характеристики и по скорости получения осадка электролиты очень близкие. При анализе изменения массы и толщины покрытия при повышении плотности тока видно, что повышение параметров происходит пропорционально, что говорит о стабильности процессов в обоих электролитах во всех плотностях тока.

Наибольший скачок повышения скорости осаждения можно заметить при повышении плотности тока более 4 А/Дм<sup>2</sup> (рис. 5). Однако если проанализировать диаграмму на рисунке 6. можно заметить линейное (не ступенчатое) повышение массы образца в диапазоне плотностей тока 4–7 А/Дм<sup>2</sup>, что говорит о дендритообразовании.

Подтверждением повышения дендритообразования на поверхности покрытия является исследование образцов под микроскопом (рис. 7, 8). По нашему мнению более низкая выравнивающая способность электролита связана с меньшим содержанием серной кислоты в электролите № 1.

От гладкости и бездефектности получаемого покрытия будет зависеть трудоемкость последующей механической обработки при проведении восстановления. Как следствие измениться себестоимость восстановления деталей. При анализе микрофотографий (рис. 7) выявлена закономерность количества и размерность дендритов на поверхности при увеличении плотности тока. Закономерность увеличения размеров дендритов встречается на поверхности при осаждении из обоих электролитов. Однако количество дендритов при осаждении с электролита № 2 меньше по сравнению с электролитом № 1.

Выявленная закономерность при исследовании морфологии поверхности образцов при увеличении 250-х подтверждается при анализе поверхности под увеличением 23-х (рис. 8).

В ходе исследований выявлено существенное влияние краевого эффекта на образование дендритов, т.е. на гладкость получаемого покрытия. Так при осаждении образцов из электролита № 1 при плотностях тока 4,5–5 А/Дм<sup>2</sup>, но при различных условиях изоляции кромки образцов качество покрытия существенно меняется. Образец с хорошо изолированной кромкой (рис. 9) имеет более гладкую поверхность, не смотря на малую разницу плотностей тока по сравнению с образцом не имеющего

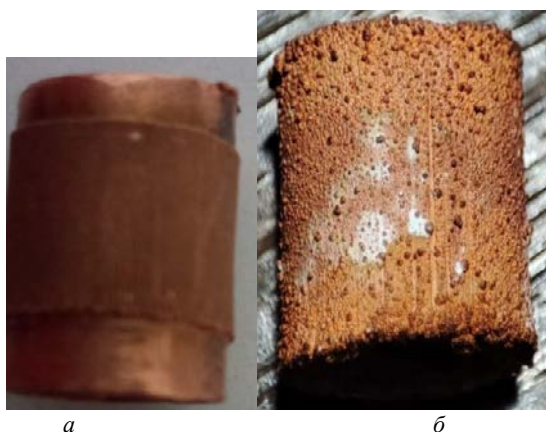


Рис. 9. Цилиндрические образцы с покрытием меди (электролит № 1):  
а – Дк= 4,5 А/Дм<sup>2</sup> (с изоляцией кромок);  
б – Дк= 5 А/Дм<sup>2</sup> (без изоляции кромок)

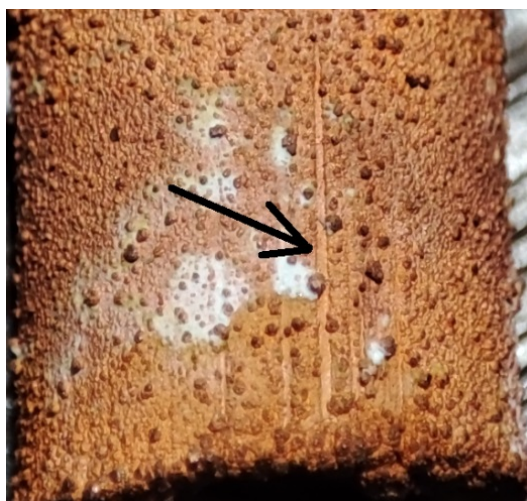


Рис. 10. Цилиндрический образец без изоляции кромок (5 А/Дм<sup>2</sup>, электролит № 1)



изоляции кромки. По нашему мнению на образование дендритов оказывает влияние два фактора – малые размеры поверхности осаждения и смещение электромагнитного поля при осаждении из-за присутствия краевого эффекта. Наибольшее влияние имеет второй фактор – смещение магнитного поля. Кроме увеличения количества и размеров дендритов изменение электромагнитного поля создает продольные по направлению магнитного поля углубления (рис. 10). Для выведения данных дефектов на поверхности потребуется механическая обработка с большим припуском.

**Выводы.** Проведенные исследования позволили оценить зависимость скорости осаждения, выхода по току медного покрытия из сульфатного электролита от катодной плотности тока и состава электролита. Выявлено, что состав электролита меднения существенно влияет на морфологию покрытия.

Наличие краевого эффекта существенно влияет на гладкость покрытия. Применение дополнительной изоляции краев образца/детали позволяет снизить краевой эффект и уменьшить дефектность покрытия в целом.

Определены плотности тока, при которых имеется максимальное значение выхода по току 97-98 % при плотности тока 6 А/Дм<sup>2</sup>, температуре электролита 23–2°С.

Определено, что электролит составом 250 г/л – сульфат меди, 70 г/л – серная кислота имеет большую выравнивающую способность.

### Список литературы

1. Sinelnikov, A. F. Electrolytic alloying of iron-chromium during deposition of coatings from a sulfate-chloride electrolyte / A. F. Sinelnikov, E. V. Bomeshko, N. I. Korneychuk, A. S. Ianuta // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering (14th–16th December 2020, Moscow). – Moscow. – 2020. – p. 1–9.
2. ГОСТ 2184–2013 Кислота серная техническая. Технические условия. – Москва, Стандартинформ, 2019. – С. 36.
3. ГОСТ Р 58144–2018 Вода дистиллированная. Технические условия. Москва, Российский институт стандартизации, 2022. – С. 14.
4. Ажогин Ф. Ф., Беленький М. А., Галль И. Е. Гальванотехника. М: Металлургия, 1987. 736 с.
5. Азарко О. Е., Кузнецов В. В., Шахмайер С.Р., Винокуров Е. Г., Кудрявцев В. Н. Электроосаждение толстых твердых хромовых покрытий из электролитов на основе трехвалентного хрома // Электроосаждение толстых

твердых хромовых покрытий из электролитов на основе трехвалентного хрома, Т. 5, № 4, 1997. С. 26-27.

6. Афанасьев Е. А., Серебровский В. И., Серебровский В. В., Степанов Р. В., Степашова И. В. Электроосаждение бинарных покрытий на основе железа для упрочнения и восстановления деталей машин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, № 7, 2012. С. 79-81.

7. Батищев А. Н. Пособие гальваника-ремонтника. 2-е-е изд. М.: Агропромиздат, 1986. 191 с.

8. Беленький М. А., Иванов А. Ф. Электроосаждение металлических покрытий. М.: Металлургия, 1985. 288 с.

9. Березин Н. Б., Гудин Н. В., Фидиппова А. Г., Чевела В. В., Межевич Ж. В., Яхьяев Э. Д., Сагдеев К. А. Электроосаждение металлов и сплавов из водных растворов комплексных соединений: Монография. Казань: Казан. гос. технол. ун-та, 2006. 276 с.

10. Блинков Б. С., Серебровский В. В., Калуцкий Е. С. Электроосаждение сплавов на основе железа // Вестник Курской ГСХА, № 2, 2016. С. 67-71.

11. Богомолов С. А. Восстановление и поверхностное упрочнение стальных деталей электролитическими сплавами на основе железа: дис. ... канд. техн. наук. Курск. 2014. 228 с.

12. Бомешко Е. В. Электроосаждение сплавов железо-вольфрам из кислых электролитов: дис. ... канд. хим. наук. Кишинев. 1977. 180 с.

13. Бомешко Е. В., Корнейчук Н. И. Электроосаждение двойных и тройных сплавов на основе железа и хрома: теоретические представления и практические рекомендации // Вестник ПГУ, Т. 3, № 53, 2019. С. 153-165.

14. Вансонская К. М., Волянюк Г. А. Промышленная гальванопластика. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. 105 с.

15. Вячеславов П. М. Электролитическое осаждение сплавов. 5-е-е изд. Л.: Машиностроение, 1986. 111 с.

16. Гадалов В. Н., Серебровский В. И. Структура и физико-механические свойства сталей, сплавов и многофункциональных покрытий. Курск: Изд-во Кур. гос. с.-х. акад., 2003. 318 с.

17. Гинберг А. М., Федотова Н. Я. Ультразвук в гальванотехнике. М.: Металлургия, 1969. 208 с.

18. Дасоян М. А., Пальмская И. Я., Сахарова Е.В.. Технология электрохимических покрытий. Л.: Машиностроение: Ленингр. отделение, 1989. 390 с.



19. Едигарян А. А., Полукаров Ю. М. О возможности замены стандартных ванн хромирования на сульфатно-оксалатные растворы Cr (III) // Журнал прикладной химии, Т. 76, № 2, 2003. С. 333-334.
20. Задорожный Г. С., Янута А. С. Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса // Влияние плотности тока на скорость осаждения медного покрытия из сульфатного электролита. Горловка. 2022. С. 29-33.
21. Замурников В. М., Костин Н. А. Некоторые аспекты повышения скорости осаждения гальванопокрытий при импульсном электролизе // Гальванотехника и обработка поверхности, Т. 3, № 2, 1994. С. 34-37.
22. Клаудия М. Каруана. Переход на производство, не использующее шестивалентный хром // Мир гальваники. Российское издание по мировой гальванотехнике, № 1, 2007. С. 36-37.
23. Корнейчук Н. И., Лялякин В. П. Перспективы использования промышленных методов восстановления изношенных деталей машин гальваническими и полимерными покрытиями в современных условиях развития агропромышленного технического сервиса // Труды ГОСНИТИ, Т. 130, 2018. С. 254-264.
24. Костин Н. А. Влияние частоты импульсного тока на скорость осаждения, структуру и некоторые свойства осадков // Электрохимия, Т. 21, № 4, 1985. С. 444-449.
25. Костин Н. А. Техническое обоснование и разработка технологических режимов электроосаждения металлов импульсным током: Автореф. дис. д-ра техн. наук. Кишинев. 1983. 19 с.
26. Костин Н. А., Кублановский В. С., Заблудовский А. В. Импульсный электролиз. Киев: Наук. думка, 1989. 168 с.
27. Котомчин А. Н. Наука и техника в дорожной отрасли : Материалы конференции, Москва, 18 марта 2021 года // Интенсификация хромирования при восстановлении и упрочнении деталей машин. Москва. 2021. Т. 2. С. 37-39.
28. Котомчин А. Н., Корнейчук Н. И. Производственные рекомендации по применению электролита хромирования в условиях предприятий Приднестровья // Мир транспорта и технологических машин, № 3(74), 2021. С. 24-34.
29. Котомчин А. Н., Синельников А. Ф. Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте : материалы XV Международной научно-технической конференции // Упрочнение и восстановление деталей автомобилей хромированием. Вологда. 2021. С. 259-265.
30. Котомчин А. Н., Синельников А. Ф., Корнейчук Н.И. Использование износостойкого хромирования при восстановлении и упрочнении деталей автомобилей // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), № 1(64), 2021. С. 11-17.
31. Котомчин А. Н., Синельников А. Ф., Корнейчук Н. И. Сравнительная характеристика электролитов хромирования для восстановления и упрочнения деталей машин // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник, № 7, 2020. С. 20-55. – DOI 10.36535/0236-1914-2020-07-9. – EDN GIKYCM.
32. Кудрявцев Н. Т. Электролитические покрытия металлами. М.: Химия, 1979. 352 с.
33. Озеров А. М., Кривцов А. К., Хамаев В.А. Нестационарный электролиз. Волгоград: Нижневож. кн. изд-во, 1972. 160 с.
34. Петров Ю. Н., Гурьянов Г. В., Бобанова Ж. И., Сидельникова С. П., Андреева Л. Н. Электролитическое осаждение железа. Кишинев: Штиинца, 1990. 196 с.
35. Петров Ю. Н., Сидельников В. К., Ягубец А. Н.. Исследование износостойкости электролитических сплавов железа с фосфором // Тр. КСХИ. 1970. Т. 59. С. 60-67.
36. Пурин Б. А., Цера В. А., Озола Э. А., Витиня И. А. Комплексные электролиты в гальванотехнике. Рига: Лиесма, 1978. 267 с.
37. Сайфуллин Р. С. Комбинированные электрохимические покрытия и материалы. М.: Химия, 1977. 270 с.
38. Серебровский В. В., Сафронов Р. И., Гнездилова Ю.П. Региональные проблемы повышения эффективности агропромышленного комплекса : материалы всероссийской научно-практической конференции // Прогнозирование износостойкости Электроосажденных покрытий для восстановления деталей. Курск. 2007. Т. Часть 3. С. 274-277.
39. Серебровский В. И., Серебровский В. В., Сафронов Р. И., Гнездилова Ю. П. Упрочняющее легирование электроосажденного железа // Вестник Курской ГСХА, № 4, 2015. С. 68-71.
40. Ямпольский А. М. Гальванические покрытия. Ленинград: Машиностроение. Ленинград-отд-ние, 1978. 168 с.
41. Янута А. С. Исследование влияния режимов осаждения на структуру электролитического бинарного покрытия Fe-Cr, полученного из сульфатно-хлоридного электролита // Вест-

ник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), № 3(70), 2022. С. 17-21.

42. Янута А. С. Применение гальванического покрытия сплава на основе железа для восстановления изношенных деталей дорожно-строительной техники // Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, путевые, мелиоративные машины и робототехнические комплексы : Сборник статей 26-ой Московской международной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. Москва. 2022. С. 585-589.

43. Янута А. С., Корнейчук Н. И., Синельников А.Ф. Анализ применения электролитов для получения электролитических сплавов Fe-Cr при восстановлении деталей машин и оборудования // Вестник ПГУ. 2021. № 3 (69). С. 101-106.

44. Янута А. С., Лоскунин А. Э. Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса 2022 // Анализ способов восстановления коллекторов электродвигателей автомобильного транспорта. 2022. С. 34-38.

45. Янута А. С., Синельников А. Ф. Высокие технологии и инновации в науке. Сборник избранных статей Международной научной конференции // Исследование влияния режимов осаждения на процесс осаждения сплава Fe-Cr из сульфатного электролита. Санкт-Петербург. 2021. С. 177-180.

46. Янута А. С., Федоров В. К., Корнейчук Н. И. Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса 2022 : Материалы VIII международной научно-практической конференции // Легирование как способ совершенствования технологии электролитического железнения. Горловка. 2022. С. 92-96. – EDN DUQOFD.

47. Янута А. С., Штефан Ю. В., Федоров В. К., Корнейчук Н. И. Моделирование процесса электролитического покрытия сплава железо-хром из сульфатно-хлоридного электролита при восстановлении деталей машин // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета, Т. 20, № 2(90), 2023. С. 260-276. – DOI 10.26518/2071-7296-2023-20-2-260-276. – EDN CBHVWL.

УДК 629.3:656.13

## ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ПРОИЗВОДСТВЕННО- ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИДНЕСТРОВЬЯ

Ткаченко Андрей Павлович

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»

ст. преподаватель; г. Бендеры, Приднестровье

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

аспирант; г. Москва, Россия

*e-mail: tapsi\_84@mail.ru*

Павлов Алексей Петрович

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

к.т.н., доцент; г. Москва, Россия

*e-mail: 89037628407@mail.ru*

**Аннотация.** В данной статье авторами приведены результаты исследования парка автопредприятий Приднестровья на наличие и количество возникновения отказов. Представлены результаты собранной информации по оценке технического состояния автотранспорта в зависимости от величины его наработки и с учетом уже достигнутого уровня износа, так как практически весь грузовой транспорт Приднестровья поступает в эксплуатацию со значительным уровнем наработки. Установлены зависимости отказов различных подсистем грузовых автомобилей с учетом использования силовых агрегатов различных типов. Рассмотрены вопросы эффективной организации поставок запасных частей.

**Ключевые слова:** работоспособность, резервирование, отказы, техническое обслуживание, ремонт, технологическое оснащение, диагностическое оборудование, запасные части, надежность, эффективность.

### ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF MOTOR VEHICLES AND THE INDUSTRIAL AND TECHNICAL BASE OF MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES IN TRANSNISTRIA

**Annotation.** In this article, the authors present the results of a study of the fleet of auto enterprises in Transnistria for the presence and number of failures. The results of the collected information on the assessment of the technical condition of vehicles, depending on the amount of its operating time and taking into account the already achieved level of wear, are presented, since almost all freight transport in Pridnestrovie enters operation with a significant level of operating time. Dependences of failures of various subsystems of trucks are established, taking into account the use of power units of various types. The issues of effective organization of supplies of spare parts are considered.

**Keywords:** operability, redundancy, failures, maintenance, repair, technological equipment, diagnostic equipment, spare parts, reliability, efficiency.

#### Введение

Автомобильный транспорт Приднестровской Молдавской республики (Приднестровья) играет огромную роль в ее развитии, так как является самым распространенным транспортным средством, осуществляющим не только пассажирские перевозки, но и основной объем грузовых перевозок [1]. Поэтому обеспечение требуемого уровня его технического состояния является одной из самых важных задач. Как известно, техническое состояние автотранспорта на эксплуатирующем предприятии является основным фактором, обеспечивающим эффективность его функционирования. Учитывая возрастную состав автотранспорта республики

[1], необходимо было дать оценку его технического состояния на действующих автопредприятиях Приднестровья на основании проведения пассивного эксперимента по выявлению отказов и неисправностей, возникающих у агрегатов и основных подсистем автомобилей в процессе эксплуатации. Это дает возможность сформировать систему ТО и ремонта с полным техническим и технологическим оснащением, оптимизировать ее в финансовом и технологическом формате, рассмотреть вопросы своевременного обеспечения запасными частями в необходимых объемах и номенклатуре с учетом использования принципов комплектного резервирования [7, 9].

Основное влияние на интенсивность изменения технического состояния НТТС в процессе использования имеют следующие факторы: условия эксплуатации, техническое оснащение производственно-технологической базы, организационно-технические условия (своевременность организации и объем проведения необходимых ТО и ремонтов).

Поэтому после оценки технического состояния автомобилей с целью ее повышения целесообразно будет провести оценку состояния производственно-технической базы эксплуатирующих предприятий, так как эти показатели непосредственно влияют на эффективность эксплуатации автомобилей [1, 2]. Это позволит полностью оценить степень их технической и технологической оснащенности, кадровой обеспеченности и устойчивости действующей системы снабжения расходными материалами и запасными частями. А также разработать предложения по повышению уровня эффективности ее использования на основании мероприятий по реконструкции, расширению и техническому переоснащению действующей производственно-технической базы (ПТБ) на каждом конкретном предприятии [2, 3, 8, 10].

Поддержание требуемого технического состояния конструктивных элементов автомобилей является необходимым условием для обеспечения эффективности функционирования автотранспортных предприятий и обеспечения безопасности эксплуатации НТТС. Особенно сложно выполнять данное условие при высоком уровне изношенности парка и отсутствии устойчивой системы снабжения запасными частями. В связи со значительными возрастными пробегами и сложными условиями эксплуатации все чаще возникают отказы по агрегатам, системам и узлам автомобилей. Для выявления количества этих отказов по подсистемам были проведены исследования на различных предприятиях Приднестровья. Оценка изменения технического состояния проводилась для автотранспорта, эксплуатируемого как на бензине, так и на дизельном топливе. Такое разделение обеспечивает более точные информационные результаты, так как при использовании различных типов топлива условия внутренних нагрузок на конструктивные элементы автомобиля (ходовая часть, силовой агрегат) отличаются и для прямого сравнения использоваться не могут. Поэтому результаты обработки собранной статистической информации по оценке степени изменения технического состояния объектов представлены для транспортных средств с дизельными и бензиновыми силовыми установ-

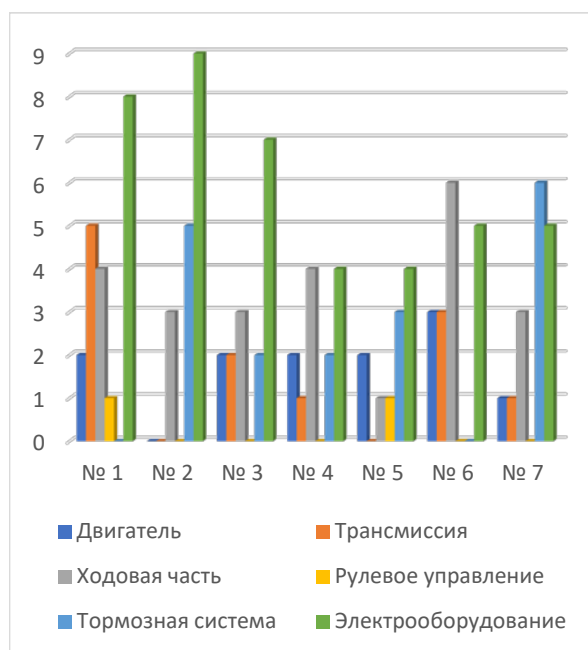


Рис. 1. Отказы по элементам автомобилей средней грузоподъемности с дизельными двигателями

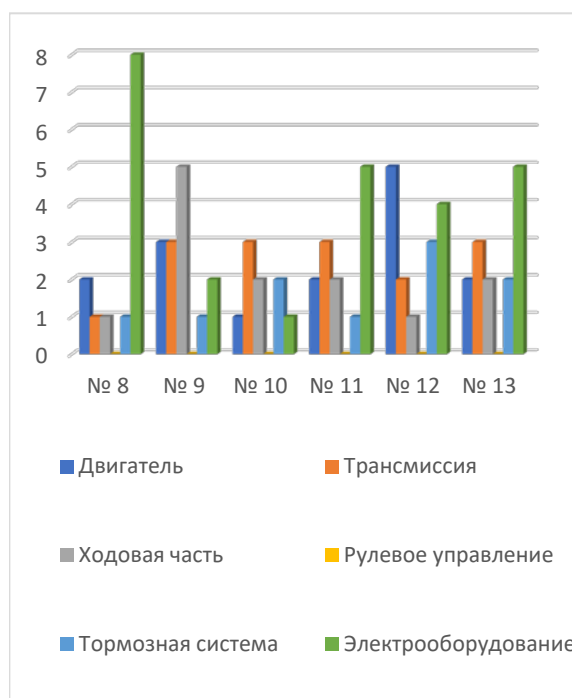


Рис. 2. Отказы по элементам автомобилей малой грузоподъемности с бензиновыми двигателями

ками (рис. 1, 2). Сбор данных был произведен с заполнением журнала исследований в электронном виде по каждому автомобилю, а также использовалась необходимая информация, представленная инженерно-техническим персоналом автотранспортных предприятий.

Как было уже представлено в [4, 11] для развития ПТБ предприятий необходимо проводить ее организационно-техническое совершенствование и техническое перевооружение, что приведет к существенному повышению эффективности и росту эксплуатационных показателей предприятий.

Для формирования мероприятий по совершенствованию производственно-технологических баз предприятий, эксплуатирующих НТТС в условиях Приднестровья, были выполнены работы по оценке их оснащенности и условиям организации работ по поддержанию действующего автопарка в работоспособном состоянии. Для проведения такой оценки были выбраны два наиболее крупных автотранспортных предприятия, занимающихся организацией и перевозок пассажиров, и грузов (рис. 3, 4).

Параллельно проводился анализ имеющейся в распоряжении предприятий технической документации на выполнение работ по регламентированным видам ТО и ремонту. К сожалению, технической документации на рассматриваемые виды работ по ТО и ремонту на предприятиях практически нет.

Как видно из представленных рисунков надлежащие условия для проведения технического обслуживания и ремонта на эксплуатирующихся предприятиях Приднестровья сведены к минимуму.

Из рис. 1 видно, что большая доля отказов автомобилей средней грузоподъемности с дизельными двигателями возникает в системе электрооборудования – 38 %, ходовой части – 22 %, тормозной системы – 16 %, двигателя и трансмиссии – 11 %, а незначительная доля приходится на рулевое управление – 2 %.

Анализируя данные рис. 2 можно видеть, что большая доля отказов автомобилей малой грузоподъемности с бензиновыми двигателями возникает так же в системе электрооборудования – 25 %, ходовой части – 13 %, тормозной системе – 10 %, двигателе и трансмиссии – 15 %.

Большой процент отказов в системе электрооборудования объясняется у автомобилей обеих групп тем, что в силу создавшихся условий они эксплуатируются, в основном, на дальних расстояниях и в ночное время суток, что, безусловно, создает повышенные нагрузки на электрическую систему автомобилей.

Как показали результаты исследований автомобилей различных типов [1] условия их эксплуатации оказывают наиболее существенное влияние на изменение их технического состояния. Автомобили средней грузоподъемности эксплуатируются на дальних расстояниях в среднем в пределах 350 км вне населенных пунктов при наличии асфальтированного покрытия, автомобили малой грузоподъемности –



Рис. 3. Посты для выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту автобусов малого класса





Рис. 4. Посты для выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту грузовых автомобилей малой и средней грузоподъемности и их оснащение технологическим оборудованием

в основном в черте города и расположенных рядом населенных пунктах, где улично-дорожная сеть представлена преимущественно дорогами с не качественными покрытиями на основе битумоминеральных смесей.

Для снижения количества отказов и поддержания автомобилей в работоспособном состоянии на предприятии должна функционировать планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта [6]. Операции, проводимые в рамках технического обслуживания элементов автомобилей средней грузоподъемности, сводятся к пробегу 15000–20000 км, а у автомобилей малой грузоподъемности они осуществляются при пробеге 8000–10000 км. Текущие ремонты производятся только по потребности, т. е. при наступлении отказов или в рамках диагностики при проведении соответствующего этапа технического обслуживания.

Текущий ремонт автомобилей производится в срок 1-20 дней в зависимости от сложности отказа и наличия на данный момент необходимых запасных частей. Такое положение дел связано с полным отсутствием предупредительной системы их закупок и использованием системы поддетального резервирования, отказала деталь - ее заменили. Такой подход отрицательно влияет на процесс обеспечения требуемого технического уровня транспорта, так как не предусматривает восстановление необходимых условий контакта пар трения [7, 9]. Также поддетальная система резервирования, в отличие от комплектного резервирования, приводит к необоснованно увеличенному расходу запасных частей за счет их ускоренного износа.

Кроме того, необходимо отметить, что весь автопарк хранится на открытых площадках, что негативно сказывается на надежности автомобилей.

Из рис. 3 видно, что посты для проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту находятся в неудовлетворительном состоянии. Данные посты были спроектированы в 70–80-х годах прошлого столетия для обслуживания автобусов среднего и большого класса численностью свыше 100 единиц, таких марок как ЛАЗ, Икарус и ЛиАЗ. На данный момент на них обслуживаются автобусы малого и среднего классов марки Мерседес-Бенц в количестве 41 единицы и автобусы большого класса зарубежного производства в количестве 4 единиц.

На рис. 4 наблюдаем более приличное по оснащению состояние постов по техническому обслуживанию и ремонту грузовых автомобилей малой и средней грузоподъемности мощностью 52 единицы, что позволяет проводить необходимые работы по поддержанию требуемого технического состояния автомобилей.

Для качественного и эффективного выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту необходимо на каждом посту иметь соответствующее технологическое оборудование, состав и количество которого определяется не только содержанием выполняемых работ, но и методом организации технологического процесса.

Согласно результатам проведенных исследований, фактическая обеспеченность технологическим оборудованием минимальна, это отражается как на показателях эффективности производственно-технической базы автотранс-

портного предприятия (АТП), так и на эксплуатационной надежности и безопасности самих транспортных средств.

Техническое состояние производственно-технологических баз АТП в республике Приднестровье практически идентично представленным выше результатам. Оно усугубляется разномарочностью и возрастным составом самого парка НТТС, а это не только усложняет, но и в значительной степени увеличивает объемы проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту. Также эти условия негативно сказываются на процессах организации поставок запасных частей и формирования необходимых запасов их на складах для обеспечения всех выполняемых видов работ по ТО и ремонту с первого требования НТТС.

#### *Выводы.*

Для обеспечения в ходе эксплуатации требуемого уровня надежности транспортных средств и для снижения возникновения отказов основных подсистем автомобилей за счет повышения эффективности использования производственно-технической базы АТП предлагаются реализовать на практике следующие организационно-технические мероприятия:

- скорректировать периодичность проведения технического обслуживания автомобилей с учетом уровня их наработки и оценки условий эксплуатации;

- внедрить систему обеспечения запасными частями с учетом применения комплектного резервирования на основании прогноза изменения технического состояния. Это не только обеспечит своевременную поставку запасных частей и сокращение времени ожидания технического обслуживания и ремонта, но и повысит эффективность функционирования предприятия в целом за счет снижения удельных затрат на запасные части и увеличения длительности межремонтного цикла;

- учесть, что автомобили малой грузоподъемности эксплуатируются и на сжатом газе, что существенно отражается на снижении частоты возникновения отказов у деталей силового агрегата;

- оптимизировать годовой объем работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей;

- механизировать технологический процесс выполняемых работ, для чего оснастить его соответствующим оборудованием;

- приобрести современное технологическое оборудование для самых востребованных диагностических и регулировочных работ;

- оптимизировать загрузку постов ТО и ремонта автомобилей под существующие мощности предприятия и их производственные площади.

### **Список литературы**

1. Апсин, В. П. Обоснование оптимальной стратегии замен деталей при проведении текущих ремонтов агрегатов транспортных машин / В. П. Апсин, Е. В. Бондаренко, Е. Г. Кеян // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2000. – № 1. – С. 71–75. – EDN HVZAON.

2. Бигиримана, Ж. Оценка фактического состояния, действующего парка наземных транспортно-технологических средств в Бурунди / Ж. Бигиримана // Приоритетные направления развития науки в современном мире: Сборник научных статей по материалам VIII Международной научно-практической конференции, Уфа, 13 мая 2022 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2022. – С. 40–47. – EDN GTLJBQ.

3. Карагодин, В. И. Эффект от учета взаимосвязи производственных участков при проектировании станции технического обслуживания автомобилей / В. И. Карагодин, В. О. Мальятин // Автотранспортное предприятие. – 2015. – № 2. – С. 21–24. – EDN THSEXX.

4. Марусин, А. В. Основы проектирования производственно-технологической базы предприятий автомобильного сервиса / А. В. Марусин, И. К. Данилов, А. В. Марусин. – Москва: Российский университет дружбы народов (РУДН), 2020. – 184 с. – ISBN 978-5-209-09664-1. – EDN ARLVUU.

5. Оценка качества работы сервисного центра при обслуживании и ремонте подвижного состава автобусного АТП / Д. В. Ушаков, В. А. Максимов, А. А. Солнцев, Н. В. Поживилов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2021. – № 4(67). – С. 10–17. – EDN JORMRZ.

6. Разработка математической модели прогнозирования потребности в запасных частях при управлении дилерской сети СТО / В. В. Гулый, А. А. Солнцев, А. Р. Асоян, В. С. Ершов // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 2(77). – С. 125–134.

7. Табачникова, Е. В. Классификация методов повышения потенциала грузового автотранспортного предприятия / Е. В. Табачникова



// Транспортное дело России. – 2017. – № 1. – С. 118–121.

8, Ткаченко, А. П. Особенности организации системы технического обслуживания и ремонта автомобилей в автотранспортных организациях Приднестровья / А. П. Ткаченко, А. П. Павлов // Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте: материалы XVI Международной научно-технической конференции, Вологда, 08 декабря 2021 года. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2022. – С. 370–373.

9, Шиловский, В. Н. Методические основы обоснования мощностей объекта технического сервиса / В. Н. Шиловский, Г. Ю. Гольштейн // Resources and Technology. – 2020. – Т. 17. – № 4. – С. 95–106.

10, Influence of temperature and geometric parameters of elements in a turbocompressor seal assembly on its operability / D. A. Nikitin, P. D. Nikitin, C. A. Turoverov, A. R. Asoyan // IOP

Conference Series: Materials Science and Engineering: 2019 International Conference on Digital Solutions for Automotive Industry, Roadway Maintenance and Traffic Control, DS ART 2019, Cholpon-Ata, 01 ноября 2019 года. Vol. 832. – BRISTOL: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012084. – DOI 10.1088/1757-899X/832/1/012084. – EDN YMNGDO.

11, Pavlov, A. P. Ensuring the processability of construction disposal during design / A. P. Pavlov, N. N. Mitrohin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: 2019 International Conference on Digital Solutions for Automotive Industry, Roadway Maintenance and Traffic Control, DS ART 2019, Cholpon-Ata, 01 ноября 2019 года. Vol. 832. – BRISTOL: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012028. – DOI 10.1088/1757-899X/832/1/012028. – EDN SNEJPL.

УДК 621.7:621.891

## FMEA – АНАЛИЗ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

**Федорова Татьяна Анатольевна**

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»  
ст. преподаватель; г. Бендеры, Приднестровье  
*e-mail: katadim81@mail.ru*

**Радченко Виктор Николаевич**

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»  
к.т.н., доцент; г. Бендеры, Приднестровье  
*e-mail: radchenko\_vn@mail.ru*

***Аннотация.** В статье рассмотрен метод FMEA - анализа видов и последствий потенциальных несоответствий в соответствии с требованиями МС ИСО/ТУ 16949-2016 и ГОСТ Р 58139-2018. Проведен анализ значимости практического применения метода FMEA в качестве основополагающего инструмента обеспечения качества в автомобилестроении.*

***Ключевые слова:** FMEA-анализ, обеспечение качества, система менеджмента качества, «техники качества», потенциальные несоответствия, отказы, риск-ориентированный подход.*

### FMEA - ANALYSIS AS A TOOL FOR QUALITY ASSURANCE IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

***Annotation.** The article considers the method of FMEA - analysis of types and consequences of potential inconsistencies in accordance with the requirements of ISO ISO/TU 16949-2016 and GOST R 58139-2018. The significance of practical application of the FMEA method as a fundamental tool for quality assurance in the automotive industry is analyzed.*

***Keywords:** FMEA-analysis, quality assurance, quality management system, "quality techniques", potential inconsistencies, failures, risk-oriented approach.*

Одной из основных задач системы менеджмента качества является обеспечение выявления потенциальных несоответствий (дефектов) и предотвращение их появления на всех стадиях жизненного цикла продукции. Важнейшим методом решения этой задачи является анализ видов и последствий потенциальных несоответствий (FMEA). В настоящее время не менее 80 % разработок технических изделий и технологий проводится с применением анализа видов и последствий потенциальных несоответствий (FMEA-анализ).

Система менеджмента качества автомобильной промышленности – это система, функционирование которой позволяет обеспечить высокое качество выпускаемого товара, охрану окружающей среды и безопасность труда рабочих.

СМК в автопроме описывается в серии стандартов ГОСТ Р 51814, характеризующих нормы организации отдельных аспектов функционирования предприятий. Общие требования к организации автомобильной промышленно-

сти отражены в стандарте ГОСТ 58139-2018 [1].

Нормы, описываемые в стандарте, полезны для предприятий, деятельность которых связана с производством автомобилей или деталей для них, а также для компаний, которые участвуют:

- в разработке конструкторской документации, на основании которой будут производиться автомобили или их комплектующие;
- в изготовлении транспортных средств;
- в перевозке выпущенных машин или деталей для их производства, запасных частей;
- в утилизации авто;
- в проведении действий, связанных с модернизацией авто;
- в проведении ремонтных работ, обслуживании транспортных средств.

Преимущества использования принципов, соответствующих ГОСТ 28139-2018:

- организация выпуска качественного товара, отвечающего требованиям нормативной

документации и технического регламента TP 018/2011;

- снижение отходов, образуемых в результате деятельности компании;
- повышение безопасности работников за счет снижения рисков возникновения аварий и чрезвычайных ситуаций;
- рациональное использование ресурсов;
- снижение производственных затрат, что позволяет увеличить прибыль от ведения деятельности [1].

СМК позволяет производителю участвовать в проводимых закупщиками конкурентных процедурах. Согласно законодательным нормам наличие сертификата, подтверждающего функционирование СМК на выпускающем предприятии, и ее соответствие требованиям стандарта, может определяться как одно из обязательных условий для участия в тендерах на поставку, если компании-партнеры работают в секторе, регулируемом корпоративно либо государственно.

В автомобильной промышленности предприятия, внедряющие требования стандарта МС ИСО/ТУ 16949 должны применять так называемые «техники качества» — это методы обеспечения качества, к которым относятся:

*APQP* – Advanced Product Quality Planning and Control Plan (перспективное планирование качества продукции и план управления);

*FMEA* - Potential Failure Mode and Effects Analysis (анализ видов и последствий отказов);

*MSA* - Measurement Systems Analysis (анализ измерительных систем);

*PPAP* - Production Part Approval Process (процесс приемки комплектующих производства);

*QSA* - Quality System Assessment (оценка системы качества);

*SPC* - Statistical Process Control (статистическое управление процессом) [3].

В настоящее время, в автомобилестроении для повышения качества процессов разработки и подготовки производства применяется метод анализа отказов и последствий потенциальных отказов (FMEA-анализ), который дает предприятию-производителю возможность предвидеть возможные проблемы и поломки еще на этапе проектирования [2]. Применение FMEA является обязательным требованием стандарта МС ИСО/ТУ 16949 (подразделы 7.3, 8.5) и других стандартов автомобильной промышленности.

FMEA-анализ представляет собой систематизированный комплекс действий, который позволяет:

- выявить несоответствия продукции и процессов, а также последствия возникновения этих несоответствий, и дать им количественную оценку;
- создать ранжированный список видов и причин несоответствий для корректирующих и предупреждающих действий;
- определить корректирующие и предупреждающие действия, которые могли бы

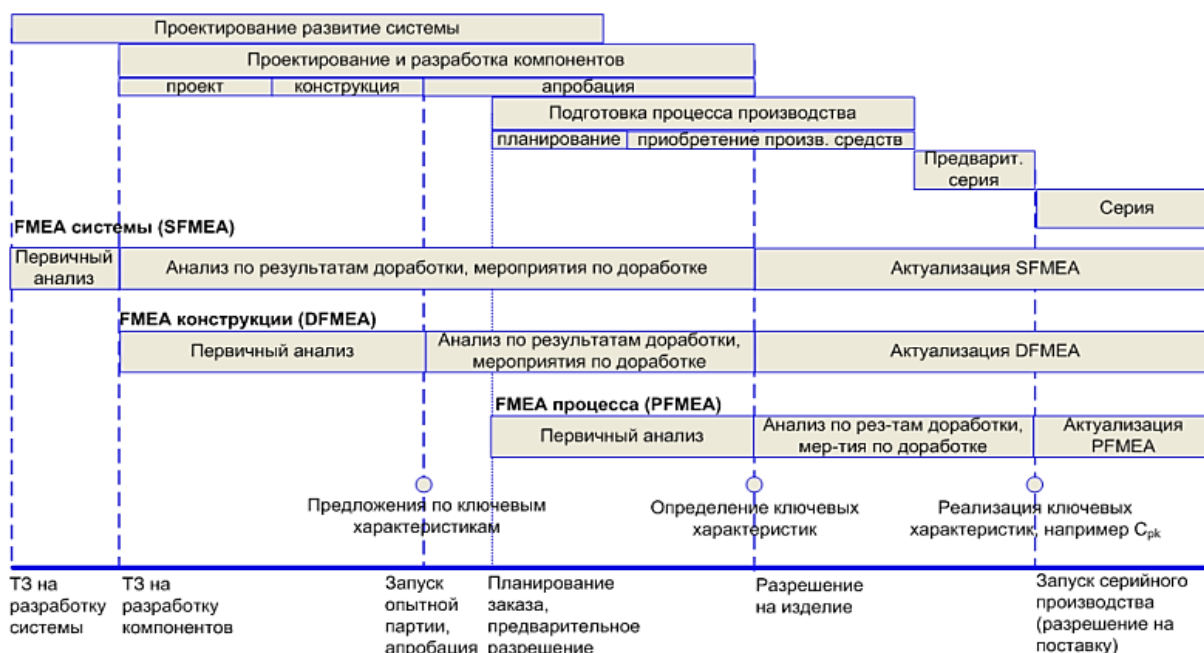


Рис. 1. Пример планирования FMEA в рамках нового проекта по времени [5]

устранить или снизить вероятность возникновения несоответствий;

– документировать данные по результатам анализа для накопления в базе знаний.

Практическому применению методологии FMEA-анализа в автомобилестроении, посвящены работы Мирошникова В. В, Панюкова Д. И., Биктимировой Г. Ф. и др.

Работа [5] посвящена изучению основ метода анализа видов и последствий потенциальных дефектов (FMEA), порядка его планирования и проведения, а также общим рекомендациями по применению этого метода для автомобилестроительных предприятий.

При применении FMEA необходимо учитывать различные его виды в зависимости от этапа разработки, предмета и подробности анализа технического объекта, хотя следует отметить, что методика проведения FMEA в целом идентична для всех его видов.

Рассмотрим стандартные виды FMEA [5]. Метод FMEA обычно применяется на этапах: – разработки концепции системы (SFMEA или FMEA системы); – разработки конструкции (DFMEA или FMEA конструкции); – разработки производственного процесса (PFMEA или FMEA процесса). Чаще всего используется PFMEA или FMEA процесса, так как на многих предприятиях-поставщиках автокомпонентов не осуществляется разработка конструкции, но и на таких предприятиях возможно проведение

FMEA конструкции, если это связано с требованиями потребителя (например, в рамках процедуры одобрения РРАР) или на добровольной основе. Если рассмотреть организацию и планирование работ при осуществлении новых проектов, то место трех вышеперечисленных видов FMEA можно отразить в виде временно-го графика (рис. 1).

**SFMEA.** Анализ видов, последствий и причин дефектов системы (SFMEA, FMEA системы) представляет собой процедуру анализа функционального взаимодействия компонентов системы и их соединений. FMEA системы проводят после разработки концепции системы и ее истолкования. SFMEA для отдельных проектов проводится после описания всех функций системы и желательно до разработки новых отдельных компонентов и DFMEA на них. Данный метод позволяет предотвратить ошибки при создании системы и избежать риска появления дефектов при эксплуатации.

**DFMEA.** Анализ видов, последствий и причин дефектов конструкции (DFMEA, FMEA конструкции) представляет собой процедуру анализа новой конструкции технического объекта (изделий, компонентов) и доработки этой конструкции в процессе работы, соответствующей FMEA-команды. FMEA конструкции проводят на этапе разработки или доработки конструкции технического объекта перед за-

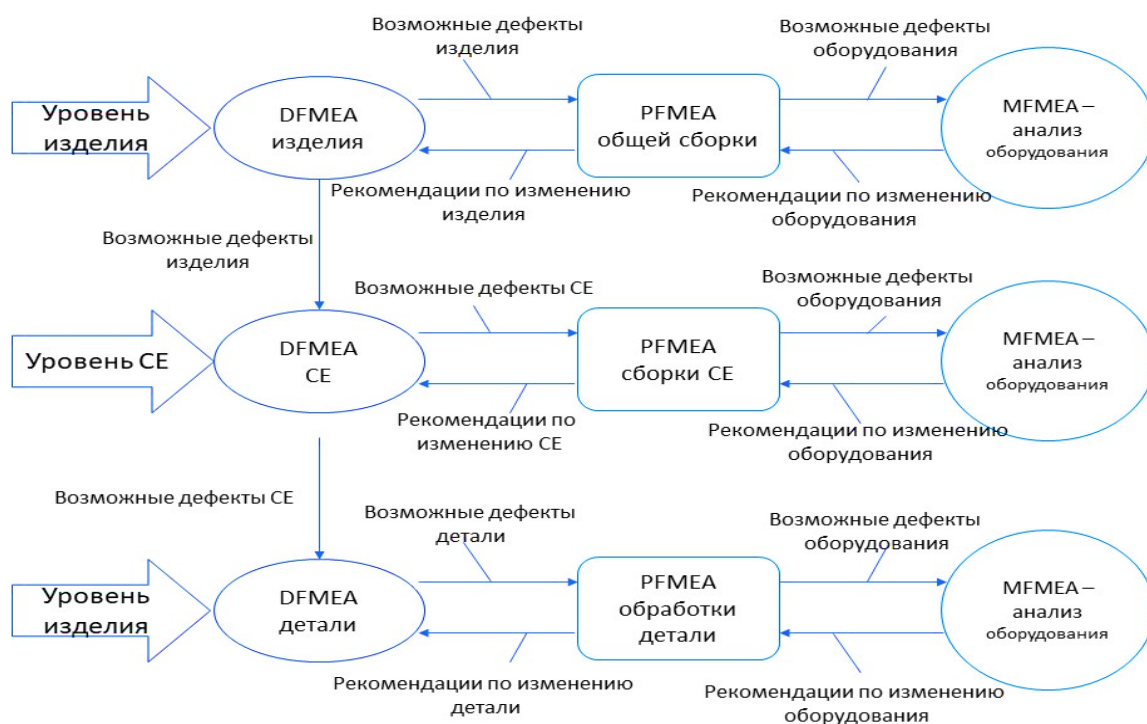


Рис. 2. Схема комплексной FMEA-методологии [6]

пуском и испытаниями опытной партий, все действия в рамках DFMEA должны быть завершены до получения разрешения 37 на изделия (утверждения конструкции). Данный метод позволяет предотвратить запуск производства недостаточно отработанной конструкции, помогает улучшить конструкцию технического объекта и заранее предусмотреть необходимые меры в технологии изготовления, предупреждая появление или (и) снижая комплексный риск дефекта.

**PFMEA.** Анализ видов, последствий и причин дефектов процесса (PFMEA, FMEA процесса) представляет собой процедуру анализа нового разработанного процесса производства и доработки этого процесса в ходе работы, соответствующей PFMEA-команды. PFMEA проводят на этапе разработки производственного процесса параллельно плану управления процессом, а также планированию производственных средств, вплоть до начала серийного производства, и это позволяет предотвратить внедрение в производство недостаточно отработанных процессов и избежать ошибок при планировании и производстве.

В общем смысле FMEA конструкции рассматривают внешние риски. FMEA процессы ориентированы на внутренние риски [5].

В работе [6] предложен комплексный подход к применению FMEA-анализа в области конструкторско-технологической подготовки производства, который включает проведение DFMEA-анализа конструкции изделия, PFMEA-анализа технологии производства изделия и MFMEA-анализа оборудования (оснастки).

Комплексный подход к проведению FMEA-анализа включает проведение DFMEA-анализа конструкции изделия, PFMEA-анализа технологии производства изделия и MFMEA-анализа оборудования (оснастки). Особенность такого комплексного анализа заключается в соподчиненности и последовательности выполнения различных видов FMEA – FMEA изделия; FMEA сборочной единицы (СЕ); FMEA детали. Все виды FMEA связаны и зависят один от другого (рис. 2) [6].

Результат FMEA конструкции изделия, узла является основой для FMEA процесса сборки изделия, узла. Очевидно, что последний должен проводиться после ввода изменений в конструкцию узла по результатам FMEA конструкции. FMEA оборудования должен проводиться после ввода изменений в технологический процесс по результатам FMEA процесса.

Учитывая это, сначала надо проводить FMEA конструкции, затем FMEA процесса, а завершать цепочку анализов FMEA оборудования.

Опытная проверка изложенной в статье [6] комплексной методики проводилась на электрических соединителях производства ФГУП «Карачевский завод «Электродеталь».

Методология FMEA – анализа также рассматривается как один из самых важных инструментов, который определяет основное качество автомобиля на всех этапах жизненного цикла. По мнению автора, с помощью данного инструмента определяется значимость последствий для потребителя при эксплуатации автомобиля – это и угроза жизни, здоровья, порча имущества и т.д. Он позволяет через иерархическую взаимосвязь функциональных систем, входящих в них агрегатов и соответствующих им узлов выходить на потенциальные дефекты отдельных деталей. Значимость дефектов детали должна быть отражена в реестре ключевых показателей, которые являются основными входными данными для организации управления процесса ее изготовления [7].

В [7] приведен пример применения методики для улучшения уровня качества детали «корпус крана управления раздаточной коробки автомобиля КАМАЗ» (рис. 3).

На основании предложенной методики внедрения FMEA выполнена оптимизация содержания процессов. Удалось добиться приемлемого уровня качества детали «корпус крана управления раздаточной коробки автомобиля КАМАЗ» [7].

По сравнению с другими методиками использование метода FMEA позволяет получить преимущества:

- возможность устранить недостатки конструкции еще на этапе проектирования;
- раннее определение возможных отказов, которые могут привести к нарушению функционирования системы;
- определение необходимых действий, которые повысят общий уровень надежности системы;
- выявление проблемных зон процесса, снижение вероятности потери качества продукции;
- концентрация внимания на действительно проблемных местах системы, ключевых вопросах управления качеством и изготовления продукции;
- определение общей стратегии и формирования плана технического обслуживания оборудования;



– метод помогает понять конструкторам и технологам наиболее важные параметры, влияющие на надежность системы;

– метод позволяет составить общую картину системы со всеми функциями, отказами и возможными мероприятиями, что позволяет сэкономить ресурсы (временные и материальные) потраченные на обработку поступающих рекламаций.

Несмотря на большую популярность метода FMEA, он обладает и некоторыми недостатками:

– анализ сложных систем с большим количеством уровней может занять очень много времени, что делает необходимым использование специализированного программного обеспечения для автоматизации проведения FMEA;

– необдуманное проведение анализа видов отказов может привести к неверным выводам и соответственно к некорректному вектору развития проекта;

– сильное влияние на конечный результат анализа оказывает степень квалификации и мотивации FMEA команды.

Важным условием эффективного применения FMEA является безусловное следование базовым принципам – принцип командной работы, принцип иерархичности, принцип итеративности, принцип документирования [5].

На основании проведенного анализа, можно сделать вывод, несмотря на то, что методология FMEA-анализа еще недостаточно апробирована на российских предприятиях автомобильной промышленности, но имеющийся опыт его применения говорит о безусловной пользе от применения этого метода. FMEA проводят с целью предотвращения возможных дефектов конструкции технического объекта и

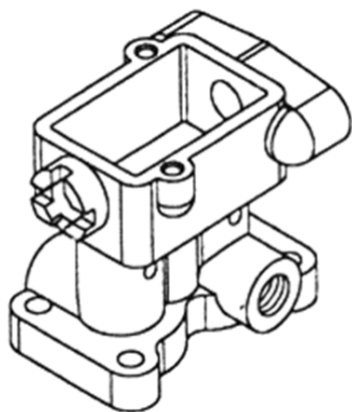


Рис. 3. Корпус крана управления раздаточной коробки автомобиля КАМАЗ

процесса его производства для достижения безопасности, экологичности, надежности и эффективности объекта анализа путем анализа и доработки технического объекта и процесса его производства, а также правил эксплуатации, системы технического обслуживания и ремонта технического объекта.

Для решения этих целей должен быть выполнен ряд задач, начиная от планирования и формирования команды, заканчивая документированием и актуализацией результатов анализа.

### Список литературы

1. Система менеджмента качества автомобильной промышленности // TRTS.info URL: <https://trts.info/article/sistema-menedzhmenta-kachestva-avtomobilnoj-promyshlennosti> (дата обращения: 20.06.23).

2. Анализ FMEA: пример и применение - Читайте подробнее на FB.ru: <https://fb.ru/article/317895/analiz-fmea-primer-i-primeneniye> // FB.ru URL: <https://fb.ru/article/317895/analiz-fmea-primer-i-primeneniye> (дата обращения: 20.06.2023).

3. Менеджмент качества в автомобилестроении // KPMS URL: [https://www.kpms.ru/Standart/ISO\\_Automotive.htm](https://www.kpms.ru/Standart/ISO_Automotive.htm) (дата обращения: 22.06.2023).

4. ГОСТ Р ИСО/ТУ 16949-2009 Системы менеджмента качества. Особые требования по применению ИСО 9001:2008 в автомобильной промышленности и организациях, производящих соответствующие запасные части .

5. Панюков, Д. И. Фундаментальные основы FMEA для автомобилестроения : Монография / Д. И. Панюков, В. Н. Козловский. – Самара : Автономная некоммерческая организация «Издательство Самарского Научного Центра», 2014. – 150 с. – ISBN 978-5-93424-724-0. – EDN UIAKBZ.

6. Мирошников, В. В. Управление качеством конструкторско-технологической подготовки производства на основе применения комплексной FMEA-методологии / В. В. Мирошников, А. А. Филипчук // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2010. – № 4(28). – С. 7-16. – EDN NBPZSR.

7. Биктимирова, Г. Ф. Применение FMEA для развития конкурентоспособности производителя автокомпонентов / Г. Ф. Биктимирова //

8. Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2013. – Т. 2, № 2(71). – С. 146-149. – EDN RCNIGD.

УДК 621.81:656(075.8)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ АГРЕГАТОВ И УЗЛОВ – КАК СПОСОБ ПОДДЕРЖАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН

**Артеменко Андрей Иванович**

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»  
ст. преподаватель; г. Бендеры, Приднестровье  
*e-mail: artemenko772@mail.ru*

**Котомчин Алексей Николаевич**

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»  
к.т.н., доцент; г. Бендеры, Приднестровье  
*e-mail: aleshka81@list.ru*

**Аннотация.** В статье приведено обоснование использования восстановления деталей машин, как способ поддержания автомобилей и других машин в работоспособном состоянии. Проведены результаты исследований по различным критериям, которые позволят наиболее рационально выбрать способ восстановления. Приведены основные узлы и детали, которые возможно восстанавливать гальваническими покрытиями – хромированием, железнением и сплавами железо-хром. Использование данных способов позволит не только восстанавливать с необходимыми свойствами изношенные поверхности, но иногда повышать показатели надежности за счет лучших свойств данных покрытий.

**Ключевые слова:** надежность, наработка, износ, признаки, система, способы восстановления.

### USE OF RESTORATION OF PARTS OF UNITS AND ASSEMBLY AS A WAY TO MAINTAIN THE PERFORMANCE OF MACHINES

**Annotation.** The article provides a rationale for using the restoration of machine parts as a way to maintain cars and other machines in working condition. The results of studies were carried out according to various criteria, which will allow the most rational choice of the method of restoration. The main components and parts that can be restored by galvanic coatings - chromium plating, ironing and iron-chromium alloys are given. The use of these methods will allow not only to restore worn surfaces with the necessary properties, but sometimes to increase reliability indicators due to the best properties of these coatings.

**Keywords:** reliability, operating time, wear, signs, system, recovery methods.

#### Введение

Из-за сложившейся экономической ситуации в нашей республике парк автомобилей и машин имеет большой пробег и наработку (иногда превышающие предельные до списания), что снижает межремонтный ресурс и другие показатели их надежности во время эксплуатации. Использование предельно-изношенной техники также связано с отсутствием ремонтно-обслуживающей базы, что приводит к большим затратам на содержание новой техники, особенно импортной. Так, например, при устранении отказов затраты на запасные части составляют до 45-70 % суммарных расходов на устранение неисправностей при ТО и ремонте, что связано с покупкой новых запасных частей. Очень часто запасные части оказываются не надлежащего качества, что приводит к снижению ресурса агрегата и на общую работоспособность машины в частности.

От начала эксплуатации и до списания автомобиля, тракторы, дорожно-строительные машины (ДСМ) выполняют большой объем полезной работы при непрерывном воздействии на них неблагоприятных внешних и внутренних факторов приводящих к ухудшению его технического состояния.

Основными причинами изменения технического состояния агрегатов машин является изнашивание, усталостные, тепловые и коррозионные разрушения [6], которые приводят к интенсивным изменениям начальных размеров, геометрической формы деталей и их взаимного расположения.

Изнашивание происходит под влиянием трех факторов – конструктивных, которые зависят от конструктивных особенностей изделия; технологических – от технологии изготовления деталей; эксплуатационных – качества применяемых топлив и масел, условий эксплу-

атации, организации и технологии выполнения ТО и ремонта. Зная долю износов, вызванных различными условиями эксплуатации в общем износе, можно определить факторы, оказывающие основное влияние на износ деталей. Это позволяет выявить наиболее эффективные пути повышения долговечности машин при минимальных затратах времени и средств, а также прогнозировать ресурс узлов, агрегатов и машины в целом до капитального ремонта в зависимости от условий эксплуатации [5, 6]. Поэтому работа по восстановлению и повышению износостойкости может обеспечить максимальный технико-экономический эффект в том случае, если конструктивные разработки будут в первую очередь направлены на устранение факторов, вызывающих максимальный износ.

В основном показатели надежности, например, двигателей внутреннего сгорания, определяются техническим состоянием таких ресурсоопределяющих элементов, как подшипники коленчатого вала, цилиндропоршневая группа, блок двигателя, турбокомпрессор. На них приходится 37 % отказов и 62 % затрат на ремонт [1].

Межремонтный ресурс отремонтированного изделия также ограничивается ресурсом наименее долговечной детали или другого элемента. Ресурс этих элементов, даже если при ремонте были установлены новые или восстановленные, до первоначального размера детали, будут всегда меньше, чем на новых машинах или агрегатах, вследствие увеличения скорости их изнашивания, исчерпывается ресурсом наименее долговечной детали или другого элемента.

Для решения проблемы прогнозирования надежности автомобилей и других машин, эксплуатируемых в условиях нашей республики, актуальным и объективно необходимым являются исследования по определению ресурсоопределяющих деталей машин и выбора рационального способа их восстановления. Следовательно, для повышения после ремонтного ресурса машин необходимо применять при восстановлении деталей упрочняющие технологии.

Наряду с этим важное место в обеспечении работоспособности машин в процессе эксплуатации занимает оперативное устранение возникающих отказов. Это возможно при эффективном резервировании деталей, узлов и агрегатов машин, на основе прогнозирования их показателей надежности. Восстановление деталей пассажирского, грузового и специализированного автотранспорта, дорожно-строительных

машин имеет важное народнохозяйственное значение. Одним из условий превращения ремонтного производства в высокоразвитый сектор экономики является сокращение цикла «исследование-производство» и внедрение в производство перспективных электролитических способов восстановления деталей.

Новые, наиболее перспективные способы (гальвано-механические, способы нанесения износостойких покрытий и др.), а также усовершенствованные способы на основе использования высокопроизводительных электролитов и способов осаждения износостойких покрытий.

Поэтому на результатах НИР выполняемых в ПГУ, а также других ВУЗах и НИИ СНГ, была проведена разработка рекомендуемой номенклатуры деталей машин, подлежащих восстановлению гальваническими покрытиями.

В работе используется принцип конструкторско-технологических показателей, на основании которых, в первом приближении, производилось формирование номенклатуры деталей. Учитывая, что данный прием (на этом этапе) не имеет достаточного технико-экономического обоснования (нет исходных данных) и тот факт в работе использовалась информация, основанная на способе подбора и вероятностном методе, а также субъективный подход к решению данного вопроса, номенклатуру по восстановлению деталей перспективными и усовершенствованными способами следует считать приближенной, ориентировочной.

#### *Теоретические предпосылки.*

В основу конструктивных признаков положены: геометрическая форма, размеры, материал и термообработка, которые являются источником информации при решении конструкторских и технологических задач на последующих стадиях выполнения работ.

В основу технологических признаков положены толщина покрытия (суммарный технологический припуск на обработку), тип покрытия характер и величина износа; общность дефектов, характеризующих класс восстанавливаемых деталей, являющихся носителями информации о возможном технологическом процессе восстановления деталей.

Необходимо отметить, что в номенклатурный список не включена (или включена со значительными ограничениями) большая группа деталей, имеющих зубчатые и шлицевые элементы, а так же корпусные детали крупных и средних размеров. По мере получения (накопления) научно-технических данных, об особен-

ностях гальванического и других прогрессивных способов восстановления этой группы деталей, появится необходимость дополнить номенклатурный список. [1]

Перечисленные факторы образует структуру системы «конструкция-технологический процесс». Системообразующий признак позволяет выделить отличительное свойство структуры системы, которое в совокупности с другими факторами (свойствами), не входящими в систему «конструкция-технологический процесс», в достаточной степени определяет (раскрывает или несет информацию) нужную сторону системы.

Подобие технологических процессов – основа классификации восстанавливаемых деталей.

Каждый класс состоит из деталей различной формы и включает в себя подклассы и группы с последующим установлением размерной характеристики. Форма деталей при формировании класса не является определяющей.

В основу формирования класса положено подобие технологических процессов, отличающихся друг от друга выполнением некоторых операций обработки резанием.

При составлении характеристики класса использовался метод альтернативной пары признаков. Альтернативная пара признаков - это совокупность одного конструктивного и одного технологического признаков, которые в пределах данного типового элемента связаны определенными производственными условиями.

Альтернативные пары признаков, которые учитывались при составлении класса (рис. 1).

*Результаты исследований.*

Обоснование выбора способа восстановления основывались на основе проработке конструктивного элемента (основной элементарной поверхности) который описывали с помощью конечного числа признаков, из которых один признак – самый главный, второй – тоже главный, но немного уступающий первому, третий – уступающий второму и т.д. [2]

Ранговое распределение позволило выделить главный признак «конструкции» – основная поверхность, а в качестве технологического признака «способ восстановления». Созданная альтернативная пара в виде модели (рис. 2).

В результате проводимых исследований и разработок [1, 2] были подготовлены и протестированы технологии электроконтактной приварки проволоки на изношенные поверхности, ленты, напекания специальных порошков, наплавки твердых сплавов, газопламенного напыления и индукционной приварки порошковых материалов, которые заложены в типовые процессы восстановления деталей с малыми износами (до 1 мм) и позволяют получать долговечность деталей выше, чем новых. Для восстановления деталей, имеющих значительные износы, разработанными процессами предусматриваются электрошлаковая наплавка, заливка жидким металлом, пластическая деформация.



Рис. 1. Альтернативные пары признаков

Особое внимание должно уделяться макрогеометрии корпусных деталей тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных машин, обеспечивающее надлежащее взаимное расположение высоконагруженных и точных сопрягаемых деталей. Исследованиями установлено, что при отклонениях положения даже новых деталей от заданного в результате нарушения геометрических параметров корпусов послеремонтный ресурс агрегатов трансмиссии составляет лишь 30-40% от доремонтного. Поэтому во всех корпусных деталях проверяют и устраняют износы посадочных отверстий, нарушение межцентровых расстояний. [1]

На ремонтных предприятиях из-за трещин выбраковывают до 20 % блоков и головок цилиндров, корпусов сцеплений, коробок передач и других корпусных деталей. При ремонте таких деталей вместо холодной и горячей сварок, приводящих к возникновению остаточных напряжений, следовательно, короблению и образованию новых трещин, наиболее целесообразно применять бессварочные методы – в частности технологию стягивания кромок трещин с помощью фигурных вставок или установку на пробойны заплат на полимерной основе.



Рис. 2. Система «конструкция-способ восстановления» [2]

В резьбовых отверстиях износы и повреждения, достигающие в алюминиевых корпусах 30-35 %, а в чугунных 10-12 %, устраняют путем установки спиральных вставок из хромоникелевой проволоки, в связи с чем прочность восстановленных резьб возрастает в два раза. [1, 2]

В целях дальнейшего распространения наиболее перспективных бессварочных методов ремонта корпусных деталей, позволяющих значительно упростить технологию, повысить качество и снизить расход запасных частей. Уже разработана система ремонтных размеров для деталей двигателей, шасси и топливных насосов, применение которой позволяет получить высокий экономический эффект.

Как показали исследования, внедрение новой технологии с применением указанных методов ремонта деталей сокращает отказы цилиндропоршневой группы на 57 %, системы топливоподачи на 29 %, трудоемкость и материальные затраты на устранение отказов на 35 %.

Вместе с тем следует отметить, что в современных тракторах, автомобилях и сложных дорожно-строительных машинах значительно повышены требования к точности обработки, шероховатости деталей, которые во многих случаях не могут быть обеспечены существующим универсальным металлорежущим оборудованием [1]

Особое внимание при создании новых технологий и ремонтно-технологического оборудования должно уделяться процессам на-

несения покрытий, что объясняется их определяющим значением для восстановления.

В-настоящее время 75-80 % валового объема и 90-95 % по номенклатуре деталей восстанавливают дуговой сваркой и наплавкой. Процесс дуговой наплавки энергоемкий и трудоемкий, вызывает нагрев деталей, их коробление и отпуск. Около 45 % наплавленного металла затем превращается в стружку при механической обработке. На этих операциях используется дорогое металлорежущее оборудование, занято много станочников. Новые способы восстановления деталей этих недостатков не имеют. Реализация их требует организованного проведения технической подготовки, в первую очередь разработки ремонтных чертежей и технологических процессов восстановления деталей.

Ремонтные чертежи имеются на утвержденную номенклатуру автомобилей, тракторов и дорожно-строительных машин, основных марок. Технологические процессы ремонта и восстановления имеются для основных деталей, в том числе для блока цилиндров, головки цилиндров, коленчатого вала, гильзы; шатуна, поршневого пальца, клапана, маховика, корпусов заднего моста, коробки передач и др.

Достижения научно-технического прогресса в области технологии гальванопокрытий (хромирование, железнение и усовершенствованные способы нанесения их) направлены на дальнейшее усовершенствование технологического процесса и повышение технического уровня предприятий, за счет внедрения совме-



ценных высокопроизводительных процессов технологических процессов.

Затраты на запасные части для автотракторной техники из года в год возрастают. Номенклатура запасных частей содержит десятки тысяч наименований. Поэтому выбор номенклатуры деталей для восстановления при наличии большого количества марок машин является важной задачей.

Существуют различные подходы к обоснованию номенклатуры для восстановления деталей. Однако все методы сводятся к тому, что в основе выбора номенклатуры заложены вопросы экономики восстановления деталей, а также обеспечения необходимого качества отремонтированных сборочных единиц, агрегатов и машин. Наличие в сельском хозяйстве большого числа разнообразных машин обуславливает необходимость при выборе номенклатуры восстанавливаемых деталей определить машины-представители. Определяя их, необходимо учитывать следующее:

1. Наибольший показатель степени унификации деталей и сборочных единиц.
2. Удельный вес в народном хозяйстве отдельных марок машин.
3. Перспективность машины-представителя.

Анализируя номенклатуру запасных частей, определяют ремонтпригодность деталей с учетом их конструктивных особенностей и опыта восстановления. Каждая восстанавливаемая деталь должна отвечать предъявляемым к ней техническим и экономическим требованиям. Основное техническое требование – технический ресурс восстановленной детали, а экономическое себестоимость восстановления детали [2].

Для обеспечения этих требований возникает необходимость установления минимально и максимально допустимых значений технического ресурса, а также максимально допустимой стоимости восстановления детали. Кроме того очень важно учитывать влияния качества восстановления на ресурс работы агрегата или сборочной единицы.

При обезличенном ремонте машин восстановленная деталь может быть установлена, практически, на любую ремонтируемую машину. При достаточно высоком техническом ресурсе, восстановленная деталь может работать весь срок службы машины данной марки, до конца ресурса машины этой марки. В этом случае восстановленная деталь за свой срок службы может быть установлена и работать на нескольких машинах окончания эксплуатации данной марки машин. Из этих условий и опре-

деляют максимально допустимый ресурс восстановленной детали, который может быть равен сроку службы машины или даже парку машин.

Номенклатура деталей, восстановление которых технически возможно электролитическим способом в приложениях и рисунках, изображены тип представители данных класса деталей.

Минимальный технический ресурс восстановленной детали должен быть не ниже межремонтного ресурса работы машины. В противном случае вынужденная замена этой детали (до ремонта) потребует дополнительных затрат, превышающих иногда стоимость самой восстановленной детали.

Таким образом, технический ресурс восстанавливаемой детали должен удовлетворять следующему условию:

$$T_{\text{мр}} \leq T_{\text{в.д.}} \leq T_{\text{м.о.}}, \quad (1)$$

где  $T_{\text{мр}}$  – межремонтный ресурс работы машины;  $T_{\text{в.д.}}$  – технический ресурс восстановленной детали;  $T_{\text{м.о.}}$  – общий ресурс работы данной марки машины на начало использования восстановленной детали.

Кроме того, технический ресурс восстановленной детали должен быть кратным межремонтному ресурсу работы машины [1-6].

Число межремонтных сроков службы восстановленной детали  $h_{\text{в.д}}$  определяют по формуле:

$$h_{\text{в.д}} = S_{\text{нр}} / S_{\text{в}}, \quad (2)$$

где  $S_{\text{нр}}$  – значение предельного износа детали, мм;  $S_{\text{в}}$  – значение износа восстановленной детали за межремонтный период работы машины, мм.

Значение  $h_{\text{в.д}}$  округляют до целых единиц, доли единицы отбрасываются, так как доли межремонтной работы машины практически не реализуются.

Число межремонтных сроков службы новой детали  $h_{\text{н.д}}$  определяют по формуле:

$$h_{\text{н.д}} = S_{\text{нр}} / S_{\text{н}}, \quad (3)$$

где  $S_{\text{н}}$  – значение износа новой детали за межремонтный период работы машины, мм.

Значения  $S_{\text{в}}$  и  $S_{\text{н}}$  определяют в результате дефектации (микрометража) деталей при ремонте машин (агрегатов).

Значение  $S_{\text{нр}}$  определяют по действующим техническим условиям и указаниям по дефек-

товке деталей и сопряжений при ремонте соответствующей машины (агрегата).

Максимальная приведенная стоимость восстановления детали не должна превышать стоимости эквивалентного по техническому ресурсу числа новых деталей, т. е. должно выполняться следующее условие:

$$C_{\text{в}} + EK_{\text{уд}} < \frac{h_{\text{в.д.}}}{h_{\text{н.д.}}} \cdot C_{\text{н}}, \quad (4)$$

где  $C_{\text{в}}$  – стоимость восстановления детали, руб.;  $C_{\text{н}}$  – цена новой детали, руб.;  $K_{\text{уд}}$  – удельные капитальные вложения при восстановлении по данному способу, руб./шт;  $E$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный 0,15 [16].

Это условие может быть выражено через коэффициент экономической целесообразности восстановления детали  $K_{\text{э.ц}}$ , определяемый по формуле:

$$K_{\text{э.ц}} = \frac{h_{\text{в.д.}} \cdot C_{\text{н}}}{h_{\text{н.д.}} (C_{\text{в}} + EK_{\text{уд}})} \quad (5)$$

Деталь экономически целесообразно восстанавливать по данному способу, если коэффициент  $K_{\text{э.ц}} > 1$  [1–6].

Стоимость восстановления детали определяют по следующей формуле:

$$C_{\text{в}} = C_{\text{м.к}} + C_{\text{н.д}} + Z_{\text{о}} + Z_{\text{д.с}} + H_{\text{р}}, \quad (6)$$

где  $C_{\text{м.к}}$  – стоимость материалов и комплектующих изделий с торговой наценкой, руб.;  $C_{\text{н.д}}$  – остаточная стоимость изношенной детали, руб.;  $Z_{\text{о}}$  – основная заработная плата производственных рабочих, руб.;  $Z_{\text{д.с}}$  – дополнительная заработная плата и начисления соцстраху, руб.;  $H_{\text{р}}$  – накладные расходы, руб.

Определение важнейшей номенклатуры восстанавливаемых деталей по каждой марке машины следует производить по удельному экономическому эффекту в расчете на одну машину, получаемому от восстановления каждого наименования деталей.

Удельный экономический эффект в расчете на одну машину от восстановления каждого наименования деталей  $\mathcal{E}_{\text{у}}$  следует определять по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{у}} = m \cdot k_{\text{в}} \left[ \frac{h_{\text{в.д.}}}{h_{\text{н.д.}}} \cdot C_{\text{н}} - (C_{\text{в}} + E \cdot K_{\text{уд}}) \right], \quad (7)$$

где  $m$  – число деталей одного наименования на машине;  $k_{\text{в}}$  – коэффициент восстановления деталей данного наименования:

$$k_{\text{в}} = \frac{K_{\text{г.в}} \cdot K_{\text{г}}}{1 + K_{\text{г.в}}^m \cdot K_{\text{г}}^m}, \quad (8)$$

где  $k_{\text{в}}$  – коэффициент восстановления;  $K_{\text{г.в}}$  – коэффициент годности деталей для восстановления;  $K_{\text{г}}$  – коэффициент выхода годных деталей в процессе восстановления;  $m$  – кратность восстановления деталей.

Обычно для расчета объемов работ, выполняемых при восстановлении деталей, используют значение коэффициента годности деталей для восстановления, определяемое по формуле:

$$K_{\text{г.в}} = \frac{n_{\text{в}}}{n_{\text{деф}}}, \quad (9)$$

где  $n_{\text{в}}$  – число деталей данного наименования, подлежащих восстановлению (ремонтпригодных);  $n_{\text{деф}}$  – общее число деталей данного наименования, подлежащих дефектации.

Полученные данные по удельному экономическому эффекту от восстановления каждого наименования деталей располагают в порядке убывания экономического эффекта.

К важнейшей номенклатуре восстанавливаемых деталей относят наименования деталей, дающие 75 % всей экономии, получаемой от восстановления деталей данной марки машины (агрегата) [1].

По данным [1] табл. 1 видно, что номенклатура восстанавливаемых: деталей насчитывает многие сотни наименований. Разработка организационных мероприятий направленные на создание и оптимизацию производств по восстановлению деталей требует сокращения числа рассматриваемых объектов. Такое сокращение может быть достигнуто путем классификации деталей по конструктивно-технологическим признакам.

Конструктивными могут быть следующие признаки: материал и масса деталей, конфигурация, точность изготовления и шероховатость поверхностей.

К основным технологическим признакам можно отнести: подобие дефектов и их сочетаний, виды износа деталей, применяемые технологические процессы для восстановления, формы организации производственного процесса. Кроме этого, на классификацию могут оказать влияние такие факторы, как направления по специализации машинно-технологических станций, технологических центров специализирующихся по восстановлению деталей и др.

Число восстанавливаемых деталей по маркам машин [1–6]

Марка машины-представителя	Число восстанавливаемых деталей, шт	Марка машины-представителя	Число восстанавливаемых деталей, шт
Т-100М	47	МТЗ-80	55
К-701	66	Т-40	39
Т-4	39	УАЗ-469	43
ДТ-75М	51	ГАЗ-53	28
Т-150К	80	ЗИЛ-130	40
Т-54В	57	КамАЗ-5510	67

Таблица 2

Классификация деталей по конструктивно–технологическим признакам [1]

Номер группы	Наименование группы деталей
I	Корпусные детали тракторных и комбайновых двигателей
II	Корпусные детали автомобильных двигателей
III	Корпусные детали пусковых двигателей, компрессоров и турбокомпрессоров
IV	Коленчатые и распределительные валы
V	Гильзы (цилиндры), шатуны, пальцы поршневые, валы, оси двигателей
VI	Шкивы, маховики, диски сцепления
VII	Корпусные детали трансмиссий тракторов
VIII	Корпусные детали трансмиссий автомобилей
IX	Стаканы, ступицы колес, вариаторов
X	Гладкие и шлицевые валы, карданные валы, оси трансмиссий
XI	Детали кареток подвески
XII	Звенья гусениц, колеса, ролики, шкивы барабаны шасси
XIII	Рамы, передние брусья, оси, цапфы ходовой части
XIV	Плунжерные пары, клапаны нагнетательные, распылители
XV	Ковши, ножи, диски дорожно-строительных машин
XVI	Шланги высокого давления

Приведенная ниже классификация (табл. 2) состоит из 16 групп деталей, предусматривает возможность создания в каждой из них номенклатуры деталей, которые возможно будет восстановить гальваническими покрытиями – хромированием, железнением и сплавами на их основе [6].

#### Выводы.

При этом следует отметить наличие определенной зависимости между условной экономией, получаемой при восстановлении деталей, и ценой новой детали. Чем выше цена новой детали, тем больше значение условной экономии при восстановлении деталей. Вместе с тем восстанавливаемые детали не равноценны по получаемому экономическому эффекту. Например, группа деталей двигателя, включающая 12 наименований, в том числе блок цилиндров, головку блока цилиндров, коленчатый вал, шатун, поршневой палец, гильзу цилиндров, впускной и выпускной клапаны, маховик – картер маховика, распределительный вал,

поршень, при восстановлении которых годовой экономический эффект составляет 75 % всей условной экономии, получаемой при восстановлении деталей двигателей. На остальные детали приходится лишь 25 % получаемой условной экономии.

Для различных типов производств выбирают определенную номенклатуру деталей, которую целесообразно восстанавливать, исходя из наличия оборудования, площадей и других факторов.

#### Список литературы

1. Котомчин, А. Н. Влияние условий эксплуатации дорожно-строительных машин и специализированного автотранспорта на ресурс их узлов и агрегатов / А. Н. Котомчин, Н. И. Корнейчук // Технический сервис машин. – 2019. – № 2 (135). – С. 135–142.
2. Котомчин, А. Н. К вопросу выбора способа восстановления деталей машин / А. Н. Котомчин, А. Ф. Синельников, Н. И. Корнейчук

// Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2020. – Т. 17. – № 1 (71). – С. 84–97.

3. Лиханов, В. А. Испытания двигателей внутреннего сгорания и топливной аппаратуры дизелей: учебное пособие. / Лиханов В. А., Деветьяров Р. Р. / 3-е изд., испр. и доп. – Киров: Вятская ГСХА, 2008. – С. 106.

4. Надежность и ремонт машин / В. В. Курчаткин, Н. Ф. Тельнов, К. А. Ачкасов и др. – Под ред. В. В. Курчаткина. – Москва: Колос, 2000. – С. 776.

5. Чеботарев, М. И. Выбор оптимального способа восстановления изношенной поверхности детали : учебное пособие / М. И. Чеботарев, М. Р. Кадыров. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – С. 91.

6. Черноиванов, В. И. Восстановление деталей машин (состояние и перспективы) / В. И. Черноиванов, И. Г. Голубев.– Москва: ФГНУ «Росинформ-агротех». – 2010. – С. 376.

УДК 629.33:620

## ДЕФЕКТЫ И СПОСОБЫ РЕМОНТА ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

**Мухин Виталий Викторович**

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»  
преподаватель; г. Бендеры, Приднестровье  
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет  
аспирант; г. Москва, Россия  
*e-mail: Vwin14@mail.ru*

***Аннотация.** В статье были изучены неисправности элементов дорожной техники. Основными дефектами являются трещины, вследствие коррозионных повреждений, прогары. Также были рассмотрены традиционные способы ремонта данных дефектов. Рассмотренные традиционные способы ремонта, дают возможность изучить их преимущества и недостатки, что позволит в будущем искать более технологичные и современные методы устранения дефектов деталей транспортных средств.*

**Ключевые слова:** транспортные средства, дефекты, коррозия, трещины, прогары, достоинства, недостатки ремонта.

### DEFECTS AND REPAIR METHODS OF VEHICLE ELEMENTS

***Annotation.** In the article, malfunctions of elements of road equipment were studied. The main defects are cracks, due to corrosion damage, burnouts. Traditional methods of repairing these defects were also considered. The considered traditional methods of repair make it possible to study their advantages and disadvantages, which will allow in the future to look for more technological and modern methods of eliminating defects in vehicle parts.*

**Keywords:** vehicles, defects, corrosion, cracks, burnouts, advantages, disadvantages of repair.

Транспортные средства подвергаются воздействию осадков (дождя, снега), запыленности дорожного покрытия, некачественного покрытия дорожного полотна, а также высоких и отрицательных температур. При возникновении дефектов элементов транспортных средств, возникает необходимость их устранения, так как небольшое повреждение, влечет за собой более серьезное и дорогостоящее повреждение [1].

Традиционные методы ремонта, это способы ремонта, при которых, авто владельцу, нет необходимости владеть научными знаниями, для того, чтобы отремонтировать самостоятельно свое транспортное средство. Для этого, необходимы знания технологического процесса, обладанием необходимого инструмента и оборудования, что в какой-то мере является недостатком, так как не каждый автовладелец обладает необходимым инструментом. Знание традиционных методов ремонта, позволит при возможности самостоятельно отремонтировать транспортное средство, а также создать новые, более перспективные методы ремонта.

Основными дефектами деталей транспортных средств от воздействия агрессивных сред, являются коррозионные повреждения, трещины на корпусных элементах и деталях машин, прогары и нарушение геометрии отверстий.

*Коррозионные повреждения.*

Коррозия одни из самых распространенных видов дефектов, над защитой от которого ломают головы многие инженеры, специалисты по материаловедению. Коррозионные повреждения возникают вследствие воздействия металла с водой, металл окисляется, становится более хрупким к разрушению. Наиболее подверженными к разрушению из-за возникновения коррозии являются детали машин, часто подвергающихся воздействию влаги [2].

Коррозионные повреждения, начинают воздействовать на детали машин и их разрушать, с поверхности. Вовремя устраненные коррозионные повреждения, позволят избежать более серьезных повреждений. Под воздействием коррозии, металл меняет внешний вид и превращается в окислы (рис. 1).

Наибольшее влияние на транспортные средства оказывает атмосферная коррозия, ко-



Рис. 1. Коррозия на корпусе



Рис. 2. Коррозия выхлопной системы



Рис. 3. Поверхность после применения преобразователя ржавчины



Рис. 4. Трещина на корпусе транспортного средства

гда транспортное средство соприкасается с нормальной температурой, давлением, но в атмосферном воздухе содержится влага. От воздействия данной коррозии не застраховано ни одно транспортное средство, так как даже при идеальной погоде наш автомобиль соприкасается с атмосферой.

Основным (традиционным) способом устранения коррозионных повреждений является слесарная механическая обработка. Поврежденное место вначале зачищается наждачной бумагой, слесарным напильником до появления чистого металла. После зачистки металла место ремонта обезжиривают, затем наносится грунтовка, затем шпательюется и наносится краска. Преимуществом данного способа, является то, что при доступности детали и наличии материалов и инструментов, которые не являются дорогостоящими, владелец транспортного средства самостоятельно сможет выполнить ремонт своего автомобиля. Механическая обработка позволит восстановить поврежденную деталь, но не дает абсолютной гарантии, что коррозионные повреждения не появятся вновь.

Возможностью улучшить и предать нашей детали большую защиту от повторной коррозии является использование преобразователей ржавчины (рис. 3), преобразователей грунтовок.

#### Трещины.

Появлению трещин наиболее подвержены корпусные элементы транспортных средств (рис. 4). Появление трещин это следующий этап после появления коррозионных повреждений.

Трещины и поломки деталей транспортных средств возникают при долгом воздействии повторно-переменных нагрузок в результате усталостного разрушения. При воздействии нагрузок на поверхностном слое детали вначале возникают трещины, которые невозможно увидеть без использования оборудования, они видны только при специальном увеличении. Микроскопические трещины, которые распространяются вглубь детали, охватывая значительную часть сечения, разрушают ее, если вовремя не заменить.

Причиной возникновения трещин так же является воздействие больших нагрузок, ударов, перенапряжений. Они могут возникать на более нагруженных участках рам, блоков, корпусов коробок передач, задних мостов и других корпусных деталей.

Их исправляют технологией SEAL-LOCK – заваркой, наплавлением слоя металла, установкой фигурных вставок.

Последовательность выполнения технологии SEAL-LOCK:

1. Обработка отверстий по шаблону на сверлильном станке.



2. Установка фиксатора.
3. Установка замков.
4. Обработка ремонтного места заподлицо.

Технология SEAL-LOCK позволяет отремонтировать деталь без сварки, т. е. без нагрева. Это важно, так как нагрев детали при сварке, быстром и неравномерном охлаждении, может привести к появлению горячих трещин, что в итоге приведет к новому устранению неисправностей.

Правильная установка винтов SEAL-LOCK заключается, в установке их с перекрытием, пока не закроется поверхность трещины. Действия при появлении длинной трещины идентичны, только возникает необходимость установки соединительных скоб. Установленные винты и скобы обрабатываются с поверхностью отливки.

Любое соединение при затяжке можно перетянуть, тем самым его повредить, так и при данной технологии винты необходимо закручивать с определенным натягом и моментом в резьбовом отверстии. Впоследствии в определенный момент винты необходимо отломать.

Коническое тело винта давит на поверхность и после окончательной обработки их практически не видно замки используются для усиления. Замки изготавливаются из высокопрочной стали и термически обрабатываются.

Замки выполняют очень важную роль в данном процессе, они предотвращают расширение трещины и исключают расслабление винтов после ремонта благодаря своим тянущим действиям.

Когда все винты установлены, трещина полностью удаляется.

#### *Прогары.*

Прогары являются наиболее распространенным дефектом элементов выхлопной системы транспортных средств (рис. 6).

Одними из самых простых способов ремонта прогаров элементов выхлопной системы является классическая сварка (рис. 7), холодная сварка с использованием полимерных составов (рис. 8) и применение бандажных лент (рис. 9).

Для обеспечения качества заварки проводят необходимую подготовку трещины. В целях предупреждения дальнейшего распространения трещины концы ее засверливают сверлом диаметром 6–8 мм. Заварку трещин рекомендуется выполнять в нижнем и вертикальном положениях. В первом случае шов имеет ровную поверхность, вероятность образования подрезов мала. Сварка в вертикальном положении



Рис. 5. Трещины блока цилиндров



Рис. 6. Прогар глушителя



Рис. 7. Ремонт с помощью классической сварки

дает возможность получить лучшее проплавление кромок, особенно в вершине разделки [5].

На начальном этапе подготавливаем поверхность, на которую будут наносить холодную сварку. Производится зачистка поверхности от грязи и ржавчины наждачной шкуркой. Затем сушим поверхность для лучшей герметичности. Дальнейшим этапом, который позволит сделать получаемое соединение более надежным, является обезжиривание поверхности. Для этого лучше использовать ацетон, ко-

торый устранил даже незначительные жировые пятна на обрабатываемой поверхности.

Готовим клеевой состав. От холодной сварки отрезаем кусочек необходимого нам размера. Очень важно выполнять рез строго поперек цилиндрика, чтобы сохранить в полученном кусочке изначальные пропорции затвердителя и эпоксидной смолы. Отрезанный кусочек холодной сварки тщательно разминаем до получения однородной по цвету массы, а чтобы средство не приставало к рукам, можно периодически смачивать их водой [6]. После получения однородной массы необходимо достаточно быстро сварку на ремонтную поверхность.

После того как средство нанесено, ему необходимо дать время на полное застывание, которое может длиться до 24 часов. Только по истечении этого времени место ремонта можно подвергать отделке (зачистке, шпатлевке и покраске).

Ремонт с помощью бандажной ленты является временной мерой, которая не может заменить полноценный ремонт или замену поврежденной детали. С помощью данной технологии можно временно, до полного ремонта детали, произвести ремонт деталей выхлопной системы, резонатора, труб соединительных и вы-



Рис. 8. Ремонт с помощью холодной сварки



Рис. 9. Ремонт с помощью бандажной ленты

хлопных. Эти детали изготовлены из тонкой стали, которая подвержена коррозии, из-за которой появляются отверстия, трещины, изломы.

Сварочные работы являются дорогостоящими, требующими определенных умений от владельцев транспортных средств, сварочного оборудования, что не всегда позволяет выполнить самостоятельный ремонт. Ремонт с помощью бандажной ленты это экономичный способ восстановить элементы выхлопной системы.

Бандажная лента это широкая эластичная полоса, стороны которой пропитаны клеевым раствором. Лента наматывается на поврежденный участок трубы выхлопной системы, где имеются отверстия, трещины. Работает она по принципу бандаж, благодаря своей эластичности не только закрывает повреждения, но и сохраняет целостность выхлопной системы.

Задачи, которые решает ремонт бандажной ленты:

- заполняет пустоты в отверстиях и трещинах;
- усиливает элементы, поврежденные коррозией;
- предупреждает поломки в будущем (профилактика).

Перед ремонтом с помощью бандажной лентой необходимо обеспечить детали выхлопной системы комнатную температуру, запрещается работать с нагретыми деталями. Удаляем с поверхности трубы загрязнения, остатки лакокрасочных материалов и гари. Обезжирьте поверхность. Накладываем бандажную ленту на место ремонта, плотно наматываем, как эластичный бинт на рану. Ленту наматываем внахлест, слой за слоем. Наматывать бандажную ленту необходимо не с места ремонта, а с противоположной стороны, с запасом в 1–2 мм. Необходимое качество ремонта достигается 8–10 слоями бандажной ленты. Намотанную бандажную ленту необходимо зафиксировать проволокой. Клеевой слой бандажной ленты затвердевает за 45 минут, но этого времени недостаточно для новой эксплуатации детали. Для возможности использования восстановленной детали необходимо дождаться полной полимеризации клеевого состава. Полимеризация наступает спустя сутки.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что любое повреждение детали необходимо устранять на ранней стадии, так как далее ремонт сложнее и дороже. Способов устранения дефектов деталей транспортных средств существует множество. Каким именно воспользоваться – решать автовладельцу в за-

висимости от повреждения, финансовых возможностей, навыков.

### **Список литературы**

1. Кучер, И. Л. Способы подготовки поверхности кузова автомобиля при ремонтном восстановлении формообразующими клеевыми составами. // Интернет-журнал «Науковедение». 2017. Том 9. № 3.

2. Ухалин А.С., Горшков В.В. Новое в технологии восстановления корпусных деталей. Издательство "Инновационное машиностроение" (Москва). 2003. С. 1-11.

3. Антискоррозийная защита. Полимерный материал. – URL: <http://stroy-spravka.ru/article/antikorroziionnaya-zashchita-polimernymi-materialami>

4. Ремонт разлома стрелы экскаватора Caterpillar M318: пошаговая инструкция. – URL: <https://sunmars.ru/remont-razloma-strely-ekskavatora-caterpillar-m318-poshagovaya-instrukciya.html>

5. Способы самостоятельного ремонта глушителя (без сварки). – URL: <https://plavitmetall.ru/obrabotka/remont-glushitelya-svoimi-rukami.html>

6. Бандажная лента для ремонта глушителей. – URL: [https://master-glushiteley.ru/articles/muffler\\_articles/bandazhnaya\\_lenta\\_dlya\\_remonta\\_glushiteley/](https://master-glushiteley.ru/articles/muffler_articles/bandazhnaya_lenta_dlya_remonta_glushiteley/)

7. Восстановление отверстий: наплавка и расточка, как восстановить разбитое отверстие в металле. – URL: <https://stanokcnc.ru/articles/vosstanovlenie-otverstiy-naplavka-i-rastochka-kak-vozstanovit-razbitoe-otverstie-v-metalle/>

УДК 621.81:629.3

## АНАЛИЗ РЕМФОНДА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

**Радченко Виктор Николаевич**

Бендерский политехнический филиал ГОУ «ПГУ им. Т.Г. Шевченко»  
к.т.н., доцент; г. Бендеры, Приднестровье  
e-mail: radchenko\_vn@mail.ru

***Аннотация.** Качество продукции определяется комплексом технических и организационных мероприятий, а также совершенством средств и методов контроля. Работоспособность технических систем является функцией точности изготовления их составляющих элементов. По результатам микрометража выявлены погрешности формы и расположения базовых деталей двигателей. Установлены закономерности изменения износа и эффективных показателей работы двигателей от качества их сборки.*

**Ключевые слова:** двигатель, изготовление, сборка, испытание, износ, зазоры, контактируемые детали.

### ANALYSIS OF REPAIR STOCK OF DIESEL ENGINES OF AUTOMOBILES

***Annotation.** The quality of products is determined by a set of technical and organizational measures, as well as by the perfection of control means and methods. The operability of technical systems is a function of the accuracy of their constituent elements. According to the results of micrometering, errors in the shape and location of base engine parts were revealed. The regularities of changes in the wear and effective indicators of the engines operation depending on the quality of their assembly have been established.*

**Keywords:** engine, manufacturing, assembly, test, wear, clearances, contacting parts.

Стабильный уровень качества продукции определяется комплексом взаимосвязанных технических и организационных мероприятий. Важное место среди этих мероприятий занимает совершенство средств и методов контроля [1]. Выполнение техническими объектами обусловленных функций зависит от точности геометрической формы и расположения исполнительных поверхностей [2]. В технологическую систему обеспечения качества ремонта двигателей входят оборудование и оснастка, готовые детали и узлы, средства контроля и испытания, техническая документация.

Работоспособность механизмов и машин зависит от точности изготовления и качества сборки их составляющих элементов – сборочных единиц и деталей. При этом одним из важнейших технологических факторов качества ремонта являются погрешности, допущенные при сборке механизмов.

Комплектование деталей является подготовительной операцией, которая обеспечивает минимум подгоночных работ в процессе ремонта технических систем. Износостойкость, а, следовательно, и долговечность агре-

гатов зависят от того, насколько правильно контактируют рабочие поверхности деталей. Для обеспечения долговечной работы машин поля зазоров в сочленяющихся деталях должны лежать в узких пределах. Нормативный ресурс машин и агрегатов будет обеспечиваться только в том случае, если поля зазоров в сопряжениях находятся в заданных пределах. При увеличенных зазорах нарушается кинематика движения деталей. Это является причиной роста динамических нагрузок, что приводит к снижению мощности двигателя, повышению расхода топлива и масла [5]. Уменьшение зазоров может привести к заклиниванию и задирам на поверхностях контактируемых деталей, повышению потерь на трение. Правильный подбор посадки имеет большое значение для обеспечения равной износостойкости сборочных единиц и деталей, что облегчает ремонт машин, который может быть сведен к последовательной замене через определенные промежутки времени отдельных их частей. Существенное значение имеет и форма зазора. Перекосы, смещения осей, чрезмерная овальность и конусность поверхностей сопрягаемых деталей



повышают интенсивность изнашивания соединений.

Определение связей между факторами, формирующими уровень технического состояния двигателей, является основой прогнозирования их послеремонтного ресурса [7].

В проводимых исследованиях оценивались погрешности формы и расположения ресурсоопределяющих сопряжений 8 марок дизелей. Эксперименты проводились на специализированных ремонтных предприятиях. В процессе сборки двигателей проводился микрометраж деталей в соответствии с ГОСТ 19509-88, погрешности измерений по ГОСТ 8.051-81. Обкатка и испытание двигателей проводилась согласно действующей нормативно-технической документации РТМ 10.16.0001.002-87. В процессе обкатки периодически выполнялся отбор проб картерного масла с последующим их спектральным анализом на установке МФС-7. Исследования проводились на 30–35 двигателях разных моделей. Экспериментальные данные обрабатывались по стандартным методикам.

В исследовании оценивалось влияние погрешностей формы и расположения деталей на показатели работы двигателей.

Наиболее интенсивно мощностные показатели изменяются в начальный период и к концу обкатки практически стабилизируются (рис. 1).

Исходная информация обрабатывалась методом корреляционного анализа. С увеличением овальности и конусности гильз цилиндров мощность механических потерь возрастает, а связь с зазором в цилиндропоршневой группе обратно пропорциональная (рис. 2).

Важнейшими показателями поршневых колец являются среднее давление на стенку цилиндра и плотное прилегание их по всему периметру рабочей поверхности. На основе измерения упругих свойств компрессионных и маслосъемных колец установлено, что тангенциальная сила их сжатия имеет большой диапазон рассеивания (коэффициент вариации 0,45–0,56). Следовательно, даже в одном комплекте часть контролируемых параметров

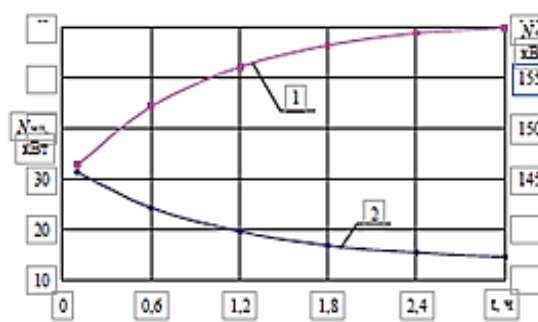


Рис. 1. Изменение эффективной мощности (1) и мощности механических потерь (2) в процессе обкатки двигателей ЯМЗ-238НБ

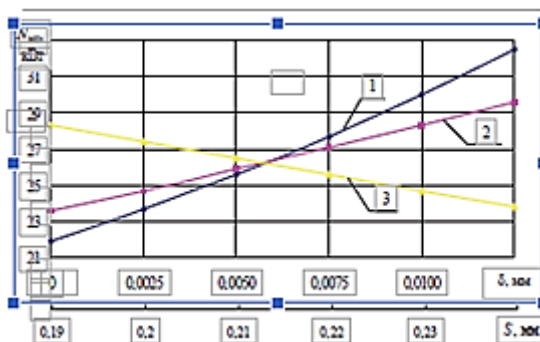


Рис. 2. Влияние овальности (1), конусности (2), гильз цилиндров и зазора «гильза – поршень» S (3) на мощность механических потерь двигателей ЯМЗ-238НБ

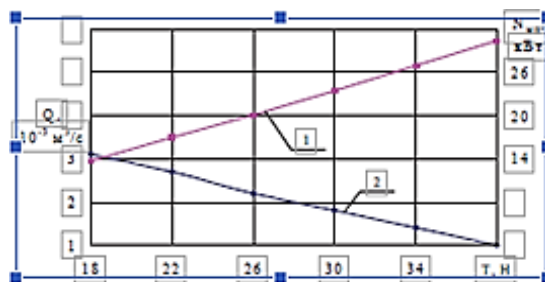


Рис. 3. Влияние тангенциальной силы поршневых колец на прорыв газов в картер (2) и мощность механических потерь (1) двигателей ЯМЗ-238НБ

колец выходит за пределы нормативных значений, что приводит к сокращению ресурса сопряжений и двигателя в целом.

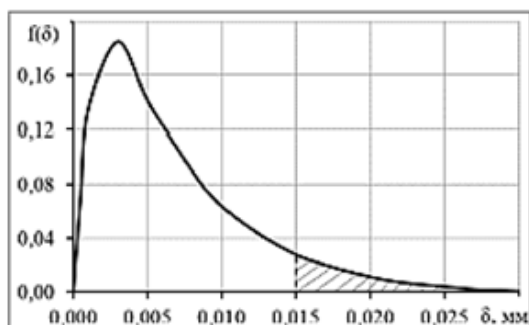


Рис. 4. Распределение овальности и гильз цилиндров

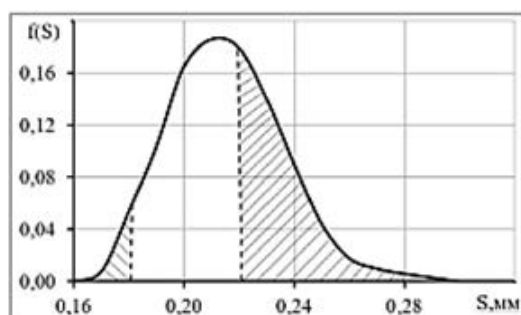


Рис. 5. Распределение зазоров конусности в цилиндропоршневой группе

Рассмотрим, как влияет упругость поршневых колец на показатели работы двигателей. В процессе сжатия идет постепенное нарастание давления и, поэтому, за счет лабиринтного уплотнения, оно после последнего кольца становится близким к давлению внешней среды, поддерживаемому в картере. В конце хода сжатия канавка за верхним кольцом заполнена воздухом с давлением  $P_g$ , затем давление в камере сгорания мгновенно возрастает до максимального цикла  $P_z$ , и газ под действием перепада давления  $P = P_z - P_g$  начинает поступать из камеры сгорания в пространство верхней канавки за кольцом [6]. По мере заполнения канавки и повышения в ней давления скорость движения газа по щели снижается. Утечка газа через щель составит [8]:

$$Q = 3600 \cdot V(\Delta z),$$

где  $V$  – скорость движения газа в щели, м/с;  $\Delta z$  – суммарная площадь зазоров в сопряжении (в замке поршневого кольца, в канавке поршня, между кольцом и гильзой цилиндра), м<sup>2</sup>.

Тангенциальная сила колец оказывает значительное влияние на мощностные пока-

затели работы двигателей. Сила трения в сопряжении «кольцо – цилиндр» в отсутствии сил от давления газа при прокрутке двигателя определяется по формуле [9]:

$$P_T = P \cdot D \cdot b \cdot P_0 \cdot f,$$

где  $P_0$  – давление кольца, Н/м<sup>2</sup>;  $f$  – коэффициент трения.

Давление кольца равно:

$$P_0 = 2 \cdot T / b \cdot D,$$

тогда  $P_T = 2 \cdot \pi \cdot T \cdot f$ .

На поршне установлено несколько компрессионных и маслосъемных колец, которые имеют различную упругость.

Проведя преобразования формул и используя рабочие параметры дизелей ЯМЗ-238НБ, авторы получили следующие зависимости между прорывом газов в картер, мощностью механических потерь и тангенциальной силой поршневых колец:

С увеличением упругости колец скорость изменения  $Q$  снижается, а  $N_{МП}$  возрастает (рис. 3).

Для снижения потерь на трение нужно использовать кольца с минимальной упругостью, но при этом уменьшается степень сжатия и мощность двигателей. Проведенными экспериментами установлена следующая взаимосвязь между мощностью механических потерь и эффективной мощностью:

Согласно техническим требованиям на капитальный ремонт двигателей ЯМЗ-238НБ эффективная мощность при приемосдаточных испытаниях должна составлять 152,5–157,5 кВт. При данных условиях тангенциальная сила колец составит 27–31 Н, что соответствует нормативным значениям. Согласно формуле [9] прорыв газов в картер при ремонте двигателей ЯМЗ-238НБ не должен превышать  $1,6 \times 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с. Для двигателей СМД-62 и ЗИЛ-130 значение этого параметра соответственно равно  $1,3 \times 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с и  $1,1 \times 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с.

Коэффициент парной корреляции полученных зависимостей находится в пределах 0,79–0,86, относительная ошибка аппроксимации составила 6,2–9,8 %. По уровню значимости факторы распределились следующим образом: овальность гильз – 0,288, конусность гильз – 0,154, зазор – 0,558, т. е. мощность механических потерь в наибольшей мере определяется кинематикой движения деталей в сопряжении.



Таблица 1

Результаты микрометража

Марка дизеля	Количество деталей и сопряжений, имеющих отклонения параметров, %			
	овальность и конусность		зазор	
	гильз цилиндров	шеек коленчатого вала	гильза цилиндров- поршень	шейка коленчатого вала- вкладыш
СМД-14	22,6	21,2	34,5	19,4
СМД-19	24,0	27,1	30,8	21,3
СМД-21	21,6	26,2	40,0	20,6
А-41	23,0	23,6	33,3	18,3
Д-160	19,7	23,2	31,6	19,8
Д-240	28,6	24,8	34,2	22,4
СМД-62	26,6	28,7	41,4	19,5
ЯМЗ-238НБ	22,5	26,0	44,7	17,9

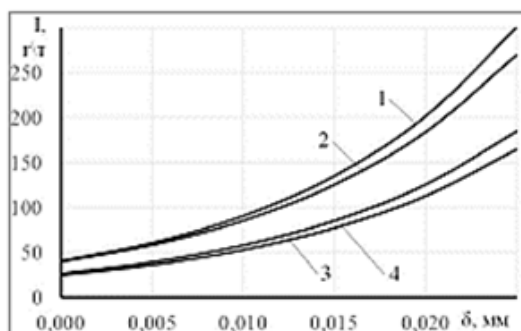


Рис. 6. Влияние овальности и конусности гильз цилиндров на износ сопряжений двигателей: 1 – ЯМЗ-238НБ; 2 – СМД-62; 3 – Д-240; 4 – А-41

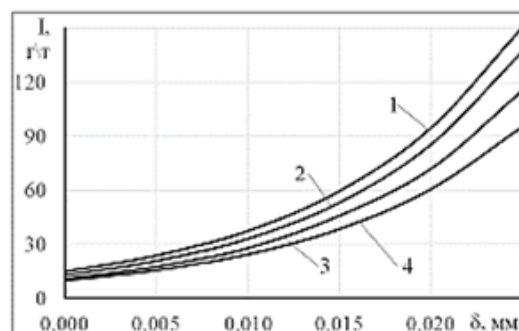


Рис. 7. Влияние овальности и конусности шеек коленчатого вала на износ сопряжений двигателей: 1 – ЯМЗ-238НБ; 2 – СМД-62; 3 – Д-240; 4 – А-41

В результате исследований выявлено, что отклонения размеров имеют значительный диапазон. Коэффициент вариации для различных марок двигателей находится в пределах 0,58–0,87. В среднем 26 % контролируемых параметров выходят за пределы нормативных значений (табл. 1).

Характер рассеивания погрешностей формы и расположения деталей показан на примере цилиндропоршневой группы двигателей ЯМЗ-238НБ (рис. 4, 5).

Данные, полученные в результате микрометража деталей и спектрального анализа масел, обрабатывались методом корреляционного анализа. В результате были получены зависимости между погрешностями формы деталей и содержанием в конце обкатки, характерных для сопряжений элементов износа в масле. Коэффициенты парной корреляции математических моделей составили 0,74–

0,88. Это соответствует достаточно высокой степени взаимосвязи между факторами и выходными параметрами. На износ двигателей влияет большое количество факторов. Из полученных в результате исследований данных следует, что макрогеометрические отклонения размеров деталей играют существенную роль в процессах изнашивания сопряжений. На примере четырех марок дизелей показано влияние погрешностей формы деталей на износ деталей (рис. 6, 7).

Из графиков видно, что с увеличением овальности и конусности деталей износ их возрастает, при этом степень воздействия факторов различна. Влияние конусности гильз цилиндров на износ сопряжения больше в 1,1–1,3 раза влияния их овальности. Анализ корреляционных зависимостей показал, что наименьший износ сопряжения достигается при макрогеометрических откло-

нениях, близких к нормативным значениям. Влияние погрешностей формы шеек коленчатого вала на износ сопряжения шейки-вкладыш примерно одинаково. Несколько больше действие макрогеометрических отклонений коренных шеек вала. Износ шеек коленчатого вала зависит от погрешностей формы в 1,4–1,6 раза меньше, чем вкладышей. Обобщенная оценка влияния всех факторов показала, что в значительной мере износ деталей определяется макрогеометрическими отклонениями гильз цилиндров. Они в 1,8–2,3 раза больше, чем при отклонениях коленчатого вала. В результате исследований выявлено, что при превышении только на 0,005 мм нормативов по овальности и конусности гильз цилиндров и шеек коленчатого вала, износ соответствующих сопряжений возрастает на 16-21 % и 19-27 %.

В результате исследований установлено, что изменение зазора в сопряжениях на 0,01 мм вызывает ухудшение эффективных показателей работы двигателей в среднем на 12 %. Следовательно, при сборке двигателей необходимо не только контролировать размеры ресурсопределяющих деталей, но и организовывать их селективный подбор для обеспечения нормативных зазоров.

#### *Выводы.*

1. Установлена динамика изменения показателей работы двигателей в процессе их технологической обкатки.

2. Показано влияние погрешностей формы и расположения деталей цилиндропоршневой группы на мощность механических потерь двигателей.

3. Представлены теоретические предпосылки оценки влияния упругости поршневых колец на показатели работы двигателей.

4. Экспериментально получены зависимости между тангенциальной силой поршневых колец, прорывом газов в картер и мощностью механических потерь двигателей.

#### **Список литературы**

1. Локтев Д. А. Современные средства измерения валов // Оборудование и инструмент. 2011. – № 3. – С. 57–61.

2. Крагельский И. В., Добычин М. Н., Комбалов В. С. Основы расчетов на трение и износ. – Москва: Машиностроение, 1977. – С. 526.

3. Королев А. Е., Белов А. Г., Алексеко В. А. Влияние качества комплектности цилиндропоршневой группы на показатели работы двигателей // Вестник АПК Ставрополя. 2011. – № 3. – С. 38–40.

4. Королев А. Е. Прорыв газов в картер двигателей // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2015. – № 1. – С. 82–87.

5. Полянский А. С., Эллис С. В., Молодан А. А. Повышение долговечности новых и отремонтированных двигателей в период эксплуатации // Механика и машиностроение. 2011. – № 2. – С. 151–157.

6. Гинцбург Б. Я. Теория поршневого кольца. Москва: Машиностроение, 1979. – С. 271.

7. Новиков М. П. Основы технологии сборки машин и механизмов Москва: Машиностроение, 1980. – С. 592.

8. Молдаванов, В. П. Поршневые кольца ДВС / В. П. Молдаванов. – Москва : Россельхозиздат, 1985. – С. 158.

9. Райков, И. Я. Испытание двигателей внутреннего сгорания / И. Я. Райков. – Москва : Высшая школа, 1975. – С. 320.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Предисловие

<b>Ляхов Е. Ю., Котомчин А. Н.</b> НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТА» КОЛЛЕКТИВА БЕНДЕРСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ФИЛИАЛА. ПУТИ СТАНОВЛЕНИЯ, РАЗВИТИЯ И СОЗИДАНИЯ .....	4
<b>Котомчин А. Н.</b> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО ХРОМИРОВАНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ ПРИ ГИДРОАБРАЗИВНОМ ИЗНАШИВАНИИ .....	11
<b>Януга А. С., Задорожный Г. С.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО МЕДНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА .....	23
<b>Ткаченко А. П., Павлов А. П.</b> ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИДНЕСТРОВЬЯ .....	32
<b>Федорова Т. А., Радченко В. Н.</b> FMEA – АНАЛИЗ КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ.....	38
<b>Артеменко А. И., Котомчин А. Н.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ АГРЕГАТОВ И УЗЛОВ – КАК СПОСОБ ПОДДЕРЖАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН .....	43
<b>Мухин В. В.</b> ДЕФЕКТЫ И СПОСОБЫ РЕМОНТА ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	51
<b>Радченко В. Н.</b> АНАЛИЗ РЕМФОНДА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ .....	56

Научно-методический журнал

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
БЕНДЕРСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ФИЛИАЛА  
ПГУ им. Т. Г. Шевченко**

Редактор: *А.А. Маракуца*

Компьютерная верстка: *А.А. Маракуца*

ИЛ № 06150. Сер. АЮ от 21.02.2002.

Подписано в печать 19.10.2023. Формат 60×84/8.

Усл. печ. л. 3,8. Тираж 20 экз. Заказ № 130.

Изд-во Приднестр. ун-та. 3300, г. Тирасполь, ул. Мира, 18