

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль)/специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Восстановление работоспособности топливных баков

Обучающийся

А.В. Прокопий

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Ю. Краснопевцев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант (ы)

к.э.н., доцент Е.Г. Смышляева

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2024

## Аннотация

В данном исследовании рассматриваются современные технологии сварки, которые позволяют эффективно восстановить работоспособность топливных баков.

Цель работы заключается в исследовании возможности восстановления работоспособности топливного бака.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. определить преимущества и недостатки существующей технологии восстановления работоспособности топливных баков автомобиля;
2. разработать проект с определением всех необходимых приспособлений и инструментов для восстановления работоспособности топливного бака с обоснованием применяемой технологии;
3. оценить актуальность проекта. Для этого изучить особенности эксплуатации и ремонта аналогичных топливных баков; их техническое обслуживание, характерные неисправности и дефекты;
4. внедрить при испытании на герметичность топливных баков пневматический метод со смесью газов воздух + элегаз до и после ремонта;
5. произвести расчет элементов топливных баков на прочность;
6. осуществить технико-экономическое обоснование проекта;
7. оценить степень безопасности проекта, определить вредные и опасные факторы.

Методы исследования: анализ, синтез, сравнение и сопоставление, дедукция.

Теоретическая значимость исследования заключается в использовании материалов данного исследования в более глубоких и специализированных исследованиях.

## **Annotation**

This study examines modern welding technologies that can effectively restore the performance of fuel tanks.

The purpose of the work is to investigate the possibility of restoring the operability of the fuel tank.

To achieve this goal, it is necessary to solve the following tasks:

1. identify the advantages and disadvantages of the existing technology for restoring the operability of car fuel tanks;
2. develop a project with the definition of all necessary devices and tools to restore the operability of the fuel tank with the justification of the technology used;
3. Evaluate the relevance of the project. To do this, study the features of operation and repair of similar fuel tanks; their maintenance, characteristic malfunctions and defects;
4. to introduce a pneumatic method with a mixture of gases air + gas before and after repair when testing the tightness of fuel tanks;
5. calculate the strength of fuel tank elements;
6. to carry out a feasibility study of the project;
7. to assess the degree of safety of the project, to identify harmful and dangerous factors.

Research methods: analysis, synthesis, comparison and comparison, deduction.

The theoretical significance of the study lies in the use of the materials of this study in more in-depth and specialized research.

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ конструкции и существующей технологии ремонта топливных баков .....	8
1.1 Конструкция, свойства материала и условия эксплуатации топливных баков .....	8
1.2 Эксплуатационные дефекты .....	12
1.3 Существующая технология ремонта топливных баков и ее недостатки ..	25
1.4 Задачи бакалаврской работы.....	38
2 Разработка технологии ремонта топливных баков.....	42
2.1 Обоснование последовательности, содержания и режимов технологического процесса.....	42
2.2 Выбор технологических и вспомогательных материалов .....	48
2.3 Выбор оборудования и приспособлений для осуществления технологического процесса.....	59
2.4 Проектный технологический процесс ремонта топливных баков .....	75
3. Оценка безопасности и экологичности предлагаемых решений .....	80
4. Оценка эффективности предлагаемых решений.....	92
Заключение .....	94
Список используемой литературы и используемых источников.....	102

## Введение

Учитывая растущее внедрение технологий машиностроения в области, такие как транспортировка пассажиров и аграрный сектор, а также увеличение числа операций с автотранспортом в экономической сфере, крайне необходимо заботиться о продолжительности службы и надёжности используемых транспортных средств. Это требует систематического улучшения качества оборудования и моторов, достигаемое за счет совершенствования производственных процессов и механизмов контроля качества. В результате, те, кто отвечает за эксплуатацию и ремонтные работы, сталкиваются с необходимостью более быстро адаптироваться к нововведениям и постоянно усовершенствовать существующие технологические методы.

Одной из ключевых целей научного и технического развития является оптимизация производственных процессов для снижения затрат на труд, энергию и материалы, при этом улучшая долговечность и качество производимых изделий. В рамках представленной дипломной работы ставится задача разработки и внедрения улучшенного метода контроля за герметичностью топливных баков, используемых в конструкции автомобилей средней дальности.

В последние годы важность восстановления работоспособности топливных баков стала особенно актуальной. Старение и износ материала, а также воздействие различных факторов, таких как коррозия или механические повреждения, могут привести к утечкам и другим проблемам, которые угрожают не только надёжной работе бака, но и безопасности в целом. В данном исследовании рассматриваются современные технологии сварки, которые позволяют эффективно восстановить работоспособность топливных баков [4].

Цель работы заключается в исследовании возможности восстановления работоспособности топливного бака.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. определить преимущества и недостатки существующей технологии восстановления работоспособности топливных баков автомобиля;
2. разработать проект с определением всех необходимых приспособлений и инструментов для восстановления работоспособности топливного бака с обоснованием применяемой технологии;
3. оценить актуальность проекта. Для этого изучить особенности эксплуатации и ремонта аналогичных топливных баков; их техническое обслуживание, характерные неисправности и дефекты;
4. внедрить при испытании на герметичность топливных баков пневматический метод со смесью газов воздух + азот до и после ремонта;
5. произвести расчет элементов топливных баков на прочность;
6. осуществить технико-экономическое обоснование проекта;
7. оценить степень безопасности проекта, определить вредные и опасные факторы.

Методы исследования: анализ, синтез, сравнение и сопоставление, дедукция.

Теоретическая значимость исследования заключается в использовании материалов данного исследования в более глубоких и специализированных исследованиях.

Практическая значимость исследования заключается в использовании материалов в практической деятельности ремонтных мастерских.

В контексте успешной реабилитации топливного бака необходимость проведения многоступенчатых операций, начиная с превентивной подготовки поверхностей, является критическим аспектом. На начальном этапе осуществляется аккуратная очистка для удаления окислов и прочих

загрязняющих веществ, что играет ключевую роль в восстановлении функциональности. Затем, следует процесс проведения сварочных работ, требующий высокой степени квалификации и экспертизы для гарантирования превосходства качества и устойчивости результатов.

В дополнение к указанным мероприятиям, крайне важно осуществить выбор наиболее подходящего метода для обработки и надежной защиты сварных соединений. При этом необходимо тщательно учитывать тип металла и потенциальные деформации, которые могут возникнуть в результате экспонирования материала высоким температурам в процессе сварки.

В процессе восстановления функциональности топливного бака, комплексная и многогранная процедура важна для удлинения периода его использования и гарантии безопасности. Процедурные шаги, охватывающие первоначальную подготовку поверхности до конечного момента проверки качества совершенных операций, требуют усиленного контроля. Эффективность каждого отдельного этапа, как убедительно показывают научные исследования, несет в себе ключевое значение для длительности и надежности функционирования топливного резервуара. Сродни стратегии, направленной на достижение гарантированной исправности топливного хранилища, процесс должен быть рассмотрен с точки зрения обеспечения высочайших стандартов безопасности.

# **1 Анализ конструкции и существующей технологии ремонта топливных баков**

## **1.1 Конструкция, свойства материала и условия эксплуатации топливных баков**

В последнее время, особенно ярко, в свете непрерывно развивающегося мира автомобильного производства, наблюдается тесная связь между увеличением интереса к авторемонтным услугам. Это обусловлено, во многом, стремительно нарастающими случаями ухудшения состояния машин, вызванными натуральным износом, а также коррозией и истощением материалов, что делает обслуживание и ремонт критически важными задачами. Ключевые аспекты в этой области охватывают:

- Проактивное обнаружение и исправление различных неполадок и сбоев, возникающих в ходе эксплуатации транспортного средства.
- Неустанное поддержание и восстановление высокого уровня функциональности автотранспорта, гарантируя его надежность и готовность к использованию.

Таким образом, умело осуществляемые и тщательно реализуемые ремонтные работы, включая критически важную сварку деталей, оказываются в центре внимания, подчеркивая необходимость проведения качественного обслуживания автомобилей, чтобы обеспечить их длительную и безопасную эксплуатацию.

Транспортные средства на колесах, занимающие доминирующую роль в удовлетворении потребностей экономики в перемещении людей и товаров, неразрывно связаны с уровнем их технического обслуживания и ремонта. Эта связь подчеркивает необходимость тесного взаимодействия между производством автомобилей и сектором, предоставляющим услуги по их восстановлению, для гарантирования их непрерывного и эффективного функционирования.

Важно подчеркнуть существенные аспекты, влияющие на работоспособность и результативность деятельности компаний в этой области:

- Падение эффективности: Сокращение рабочих стандартов для выполнения ремонта, не сопровождающееся параллельным увеличением уровня автоматизации и механизации, приводит к снижению производительности.

Это акцентирует значимость качественной и выполненной с высокой степенью профессионализма сварки деталей, являющейся одним из ключевых элементов при поддержке бесперебойной работы автомобильного транспорта. Систематически осуществляемое и тщательно реализуемое обслуживание автопарка позволяет значительно улучшить его эксплуатационные характеристики и, как следствие, способствует повышению общей производительности в сфере транспорта.

В результате данных изменений, компания оказалась перед лицом серьёзного сокращения возможностей для ремонта и обновления своих элементов, что, в свою очередь, кардинально прервало важнейшие производственные процессы, критически важные для гарантирования высокого уровня качества выполненных работ. Внутри производственного комплекса, организация неуклонно сталкивается с постоянно возрастающими операционными расходами, которые включают в себя:

Необходимые затраты, связанные с созданием и последующей продажей продукции;

- Финансовые вложения в обновление и поддержку как основных, так и оборотных активов;

- Инвестиции в улучшение условий труда и развитие команды.

Стоит отметить, что наибольшую часть этих расходов занимает производство и дистрибуция товаров, подчеркивая их весомую роль в общем

финансовом потоке организации и отражая их первостепенную значимость в структуре экономических операций.

В ходе активного исследования мы скрупулезно анализируем стратегии оценки исчерпывающей стоимости изготавливаемых изделий, прилагая усилия к изучению методик ее определения, главным образом, через детализированный расчет затрат, известный как калькуляция. Задачей калькуляции является точнейшее выявление полного объема расходов, критически необходимых для создания продукта и его доведения до состояния готовности к реализации, охватывая при этом как непосредственные затраты на производство, так и вспомогательные издержки.

Взаимосвязанно, выявленные элементы существенно воздействуют на глобальные достижения и оперативную результативность предприятия, подчеркивая критическую важность достижения гармонии в управлении ресурсами и инновациями.

Ключевыми элементами, складывающими полную стоимость производства, являются:

- Затраты на производство: это основные издержки, непосредственно связанные с процессом изготовления изделий, включая не только сырье и материалы, но и непосредственно осуществляемые, реализуемые операции по сварке деталей.

- Расходы, выходящие за рамки непосредственного производства: они охватывают необходимые траты на доведение продукции до конечного потребителя, в частности, на транспортировку, упаковывание, сохранение в целостности и активные рекламные кампании.

Для компании критически важно осознавать и тщательно управлять себестоимостью, поскольку от этого зависит ее способность конкурировать на рынке и генерировать прибыль. Применение продуманных подходов к анализу и расчету себестоимости, включая детальную калькуляцию,

становится решающим фактором в усилении позиций предприятия на рынке, напрямую влияя на его экономическую эффективность и дальнейшее продвижение.

Для тщательного и грамотного руководства производственными операциями, принципиально иметь глубокое осознание значений и методик расчета себестоимости, что стоит на передовой линии. Осуществляемый с высокой аккуратностью процесс калькуляции, вплетающий в себя оценку всех затрат, как прямых, так и косвенных, включая издержки на материалы, весь спектр работ и предоставляемые услуги, обеспечивает их всесторонний и оперативный регистр.

В рамках эффективно реализуемого управления ресурсами, важное место занимает:

- Активное наблюдение за распределением ресурсов внутри предприятия, что затрагивает финансовые активы, рабочую силу, материалы и прочие составляющие.

- Тщательная проверка на предмет экономичности использования труда и материальных ресурсов, включая их соответствие утвержденным нормам потребления.

Так, осознание и внедрение сложных, но эффективных методов учета и контроля значительно повышают возможности по точной организации и оптимизации производственного процесса, в том числе и в аспекте сварки деталей, где четкость и полнота учета материалов и времени имеют решающее значение.

Активно определяя зоны, где заметно присутствуют неоправданные избытки, мы намечаем и внедряем меры, направленные на уменьшение ненужных расходов. Это дает возможность не только усовершенствовать процесс производства, но и гарантирует способность быстро адаптироваться к любым колебаниям в распределении затрат, эффективно увеличивая общую продуктивность и результативность нашего предприятия.

Относительно топливного бака, его спецификации выглядят следующим образом:

- Материал, из которого сделан бак, представляет собой листовую сталь марки 08 кг;
- Что касается типа изделия, то речь идет о корпусных элементах;
- В отношении износа, его проявление носит неравномерный характер.

Эти тщательно осуществляемые действия и реализуемые подходы в значительной степени способствуют повышению точности и качества сварки деталей, что несомненно влияет на долговечность и надежность конечного продукта.

В процессе стабильно осуществляемых операций, связанных с перемещением грузов, регулярно возникают ситуации, когда детали подвергаются ударным и механическим воздействиям. Эти моменты обычно приводят к формированию различных видов повреждений, среди которых чаще всего обнаруживаются вмятины и сквозные отверстия. Такие повреждения, активно влияя на целостность и функциональность элементов, указывают на важность качественно выполненных сварочных работ для восстановления исходных характеристик материала.

## **1.2 Эксплуатационные дефекты**

При активном использовании транспортных средств часто сталкиваются с тем, что из-за ухудшения герметичности происходит протечка топлива из баков. Это явление может проявляться с различной интенсивностью и частотой, причем вызвано оно может быть множеством факторов.

Основными виновниками утраты герметичности часто являются неисправности в закреплении отдельных деталей, таких как заклепки или болты, а также проблемы, связанные с надежностью крепления съемных

панелей или неправильной фиксацией самого топливного бака. Протечки топлива могут также инициироваться на стыках различных элементов топливной системы, включая, но не ограничиваясь, клапанами, насосами, датчиками и другими ключевыми компонентами.

В контексте поддержания герметичности топливных систем, особенно актуальным становится осуществление тщательного контроля за состоянием всех связующих элементов и регулярное проведение профилактических работ. Такие меры позволяют своевременно обнаруживать и устранять потенциальные угрозы утечки топлива, тем самым значительно повышая безопасность и надежность эксплуатации транспортных средств.

Чтобы успешно решить вопрос с утечками в системах подачи топлива, критически важно с акцентом на точность выявить не только локализацию, но и тип повреждения. Часто зафиксированные утечки истекают из мест, подверженных интенсивным, моментальным нагрузкам: это может быть на стыках корпуса, в зонах пересечения сварных швов, на механизмах закрытия сервисных лазов, по местам фиксации оборудования, а также там, где крепятся компоненты, вынужденные выдерживать сильные напряжения. В условиях, когда составные части топливных резервуаров непрерывно испытывают циклические нагрузки, усталостные поражения становятся повседневностью. В то же время, повреждения, обусловленные статическими нагрузками, происходят на порядок реже.

Утомление материалов является феноменом, который постепенно, но неизбежно, приводит к катастрофическому обрушению структурных элементов. Наиболее тревожным аспектом этого процесса является его тихое развитие, когда предупреждающие признаки изменений формы остаются скрытыми, почти невидимыми. Это обстоятельство делает разрушение из-за усталости особенно опасным, ввиду отсутствия явных сигналов, предвещающих приближение к критическому состоянию деталей.

Вначале, процесс разрушения скрывает в себе появление микроскопических трещин, которые образуются в зонах высокого напряжения, или в местах, где материал подвергается острым структурным перепадам. Эти, казалось бы, незначительные трещины быстро расширяются, в итоге приводя к резкому и окончательному выходу из строя компонентов. Эффект усталости материалов, таким образом, инициирует невидимый, но весьма интенсивный процесс, заканчивающийся неожиданным и полным разрушением структурных частей.

Проведенные анализы наглядно демонстрируют, как недостаток специфических условий эффективно блокирует появление усталостных разрушений, ведущих к неисправностям. Однако, вопреки постоянно осуществляемым тщательным проверкам на усталость и функциональную надежность, которым подвергаются ключевые компоненты топливных систем на протяжении их эксплуатации, нередки ситуации, когда конструктивные элементы подвергаются полным или частичным повреждениям из-за трещин. Упреждающее выявление таких скрытых дефектов остается весьма сложной задачей. В этом контексте, выявление подобных недочетов становится прямой задачей технической диагностики, направленной на поддержание надежности и безопасности систем.

Важно подчеркнуть, что присутствие усталостных повреждений не однозначно указывает на полную непригодность конструкции к дальнейшему использованию. Это обусловлено тем, что исходный дизайн конструкции задумывается так, чтобы она могла сохранять свои основные функции, даже если появятся некоторые дефекты, благодаря глубоко заложенной характеристике устойчивости. Этот нюанс, заложенный в основу на стадии создания конструкции, дает основание для применения концепции безопасного деградирования.

Не менее значимым является факт, что высокие температуры оказывают сильное влияние на структурную целостность автомобиля, в

особенности это затрагивает те части, которые подвергаются неравномерному нагреванию.

Необходимо осознавать, что характеристики прочности металлических материалов, активно применяемых в индустрии машиностроения, выражают высокую чувствительность к колебаниям температур. С увеличением градусов, их способность сопротивляться деформациям и усталостным нагрузкам значительно снижается, что становится определяющим фактором для поддержания нерушимости структур.

Чтобы повысить устойчивость конструкций к разнообразным испытаниям, особо важно использовать методики, направленные на укрепление поверхностей путем минимизации на них напряжений. Эффективно этого можно достичь благодаря продуманным проектным решениям, например, увеличению скругления углов, обеспечению безупречного соединения различных степеней твердости, а также сокращению точечного давления на конкретные сегменты и прочее, что имеет особое значение для ремонта компонентов, таких как баки для топлива.

Чтобы повысить устойчивость к проблемам утечки, особенно возле специфических болтов и заклепок внутри кессонных баков, весьма эффективным оказывается техника укрепления, основанная на пластической деформации металла. Этот метод ведет к созданию сжимающих напряжений на поверхности, благоприятствуя тем самым предотвращению утечек. В рамках обеспечения высококачественной герметичности, применяются исключительные, самовулканизирующиеся герметики, действие которых распространяется тремя разнообразными способами: они используются как на внутренних, так и на внешних соединениях, а ещё распределяются по поверхности методом заливки. Применяя эти техники в совокупности, значительно повышается уровень доверия к герметичности и надёжности работы топливных баков в процессе их эксплуатации.

Материалы часто подвергаются деградации, вызванной нарушениями связей на уровне молекул и похожими механизмами. Интересно, что использование сил сжатия может в известной степени ослабить нежелательные последствия таких нарушений. В процессе пластической деформации, когда материал меняет свою форму, его плотность, как правило, повышается. Это значительно способствует снижению влияния микроскопических воздушных пузырьков, тонких трещин и других дефектов на его устойчивость к усталости. Существенно, течи в топливных баках автомобилей возникают обычно под влиянием нескольких критически важных факторов.

В ряду обнаруживаемых проблем, активно выделяющихся на протяжении всего времени эксплуатации автомобиля, особо стоит упомянуть об ухудшении качества формирования защитного слоя внутри соединений. Это приводит к возникновению трещин, вызванных излишним истощением материала, а также к различным повреждениям. Такие недостатки могут появиться как на начальном этапе производства, так и в результате игнорирования или несоответствующего выполнения процедур по техническому обслуживанию.

Чтобы предотвратить неожиданные утечки топлива, крайне важно проводить тщательный осмотр топливных резервуаров перед началом пути и сразу же после его окончания. Согласно представленным в таблице №2 направлениям, критерии, определяющие допустимый уровень герметичности этих баков, разделены на две основные категории. Первая категория позволяет продолжать пользоваться автомобилем при условии регулярного контроля и ремонте утечки в ходе запланированного техобслуживания. Вторая, в свою очередь, также допускает эксплуатацию при обязательном наблюдении за проблемой и её ликвидации, либо во время коротких остановок между поездками, либо при проведении регламентного обслуживания.

Чтобы успешно вернуть объект к его первоначальному функциональному состоянию, классифицируемому как уровень 1 или 2, необходимо аккуратно и эффективно устранить все обнаруженные утечки (таблица 1).

Таблица 1 – Допустимая негерметичность топливных баков

Место расположения течи	Запотевание	Пятно с растекание	Просачивание	Утечка	Течь
Внешняя поверхность изделия, обдуваемая потоком, где не накапливается топливо	1	1	2	3	3
Места конструкции, полуventedуемые	1	2	3	3	3
Внутренний отсек, неventedуемый, где может накапливаться топливо в результате течи	2	3	3	3	3

Для обеспечения безупречного функционирования изделия важно, чтобы его характеристики надёжно соответствовали заранее определённым стандартам, описанным в техническом задании. Несоответствие параметров установленным требованиям может неизбежно привести к ухудшению работоспособности или поломке изделия, являясь при этом явным признаком наличия дефекта.

Тщательно осуществляемый процесс выявления пригодности компонентов к дальнейшему использованию или необходимости их восстановления, известный как дефектация, играет ключевую роль в этом контексте. При этом, следует учесть, что любые повреждения или отклонения в работе системы и её составляющих, даже если они не приводят к мгновенной потере функциональности, также квалифицируются как дефекты.

В процессе тщательного анализа, детали и элементы часто подвергаются классификации на основе их заметных трещин, изъянов и начальных причин их формирования, причем этот процесс имеет

возможность включать в себя изучение как внешних атрибутов, так и характерных пороков. Осуществляя детальное разбиение, можно выделить, что дефекты часто основываются на четырех фундаментальных столпах: конструктивные недочеты, несовершенства, появляющиеся в ходе производства, проблемы, возникающие при эксплуатации, и изменения, связанные с устареванием используемых материалов. Важно осознавать, что подобное разделение выполняется не без определенной условности, ведь в практической деятельности часто сталкиваются с трудностями при точной категоризации дефектов, обусловленных их многоаспектностью.

В качестве иллюстрации, некорректно выполненная подготовка поверхности может неожиданно ускорить процесс увядания материала, создавая трудности при разграничении категорий. Аккуратная, тщательная диагностика и классификация повреждений требуют применения высокоспециализированных аналитических подходов.

Чтобы с высокой эффективностью ликвидировать и минимизировать риск возникновения недостатков, крайне необходимо осуществлять их систематизацию согласно определённым классификациям.

В сфере производства автомобилей особенно важным аспектом, значительно повышающим стандарты управления качеством, является непрерывный сбор и анализ информации на протяжении всего срока службы изделия, начиная с момента его концепции и заканчивая моментом выхода из употребления. Это дает возможность вводить необходимые коррективы на разнообразных этапах, когда обнаруживается определённый дефект.

Таким образом, правильно реализуемые процедуры сварки и обработки деталей крайне важны для гарантирования долговечности и надёжности автомобильной продукции, позволяя точно локализовать и устранить любые изъяны на ранних стадиях разработки и эксплуатации.

Активно предлагаем инновационные изменения в дизайне авто специалистам-разработчикам, стремясь к эстетическому и функциональному

усовершенствованию. Настойчиво рекомендуем компаниям-производителям вносить коррективы в процедуры сварки деталей и ремонтных работ, адаптируя их под более высокие стандарты качества. Мотивируем научно-исследовательские центры активно искать новаторские пути борьбы с недолговечностью материалов, применяемых в автомобильной промышленности. Направляем усилия на совершенствование методик обслуживания и ремонта, предлагая комплексные и тщательно продуманные решения.

Такое осмысленное и систематическое взаимодействие предоставляет уникальную возможность не только радикально трансформировать качество и надежность автомобилей, но и кардинально изменить подходы к их техническому обслуживанию и ремонту. Важно отметить, что также открывается пространство для предотвращения быстрого износа автокомпонентов с помощью передовых научных достижений.

Часто, недостаточно тщательно осуществленное изучение, нехватка глубокого опыта в области разработки и ограниченное понимание реакции материалов на различные условия, в том числе их гибкости и устойчивости, ведет к возникновению сложностей в архитектуре объектов. Эти трудности проявляются как особенно уязвимые к разнообразным нагрузкам места, высокая концентрация стрессовых точек, неоднородность в прочности конструкций или применение материалов, особенно подверженных разрушению в агрессивных средах, что становится явным на этапе реализуемой сварки деталей.

Часто, выполненные некорректно действия при эксплуатации автомобиля могут спровоцировать различные проблемы. Например, игнорирование необходимости осуществляемой на регулярной основе смазки может привести к более быстрому износу подвижных элементов. Кроме того, пренебрежение своевременно реализуемым процессом очистки экстерьера авто способствует его раннему износу. Негативное влияние на

функционирование мотора и другие системы может оказать проникновение в топливную систему частиц грязи и посторонних веществ.

С течением времени, под влиянием экологических загрязнителей, включая дым, соли и многообразие химикатов, а также под давлением различных климатических условий и специфических для каждой зоны микроорганизмов, материалы, применяемые в автомобилестроении, испытывают ухудшение своих характеристик.

В изобилии обитающие в подобных средах, микроскопические существа активно употребляют в пищу выбранные виды материалов, в результате чего энергично высвобождаются вредоносные компоненты, включая, но не ограничиваясь, спиртами и кислотами. Эти вещества, в свою очередь, имеют свойство агрессивно разлагать металлические конструкции, а также наносить значительный урон защитным слоям и уплотнителям. Подобные механизмы деградации, сопровождающиеся коррозией, традиционно классифицируются как крайне негативные для сохранности структурных свойств изделий из пластика и резины.

Делая из топлива свое пристанище, разнообразные грибковые формы жизни вызывают его загрязнение, что, в свою очередь, становится причиной усталости и разрушения внутренних поверхностей топливных резервуаров. Эта проблематика может обнаруживать себя через широкий спектр повреждений и неисправностей, включая, но не ограничиваясь:

Наиболее распространенные повреждения включают не только видимые трещины и сколы, но и скрытые дефекты, такие как изменение геометрических характеристик, отличающихся от исходных нарисованных планов. Даже незначительные деформации, исключительно отсутствующие в первоначальном замысле дизайна, могут указывать на серьезные недостатки. Сталкиваемся мы и с проблемами, обусловленными старением материалов и отделочных слоев, что неизбежно приводит к утрате их первоначальных свойств и внешнего вида. Чрезвычайно активно и неуклонно вредное

воздействие оказывают коррозия, эрозия и кавитационные процессы, деструктивно влияющие на структуру материалов.

Обратим внимание на особые разновидности ущерба, возникающего в результате механических воздействий. Царапины, вмятины, следы износа и другие подобные повреждения зачастую становятся следствием не только долговременной эксплуатации, но и различных недочетов на этапах проектирования, производства или в процессе ремонтных работ. В процессе сварки деталей особенно важно учитывать потенциал появления подобных дефектов, чтобы минимизировать вероятность их возникновения и гарантировать продолжительную службу продукции.

Часто бывает так, что поверхность резервуара для горючего подвергается многообразию повреждений. Эти неприятности могут включать в себя следы, оставленные неаккуратным обслуживанием, например, образованные вследствие неосторожного использования заправочных шлангов, отпечатки от обуви сотрудников или случайные прикосновения. К тому же, когда промежутки между отдельными составляющими настолько узкие, возможно возникновение износа труб. Для определения такого износа обычно прибегают к использованию как стандартных, так и специализированных измерительных инструментов.

Нередко, под воздействием напряжений, превышающих разрешённые значения, могут проявиться разнообразные изменения формы – от искажений и вздутий до складок, что свидетельствует о снижении устойчивости материала. Подобные дефекты также часто встречаются в трубопроводах, где аналогичные напряжения могут привести к оваллизации или складыванию материала.

В мире машиностроительных изделий, детали зачастую неизбежно поддаются истощению, что часто приводит к образованию микроскопических разломов, которые могут как скрываться от глаз, так и быть обнаруженными с помощью прогрессивных методик неразрушающего

анализа. Иногда, эти трещины могут быть следствием серьезных производственных ошибок или недочетов в монтаже. Даже незначительные поверхностные повреждения способны привести к отслоению фрагментов из конструкции.

В процессе тщательного осмотра изъятых из эксплуатации элементов, с целью выявления любых изменений их первоначальной структуры, задействуются высокоточные устройства, включая в свой арсенал инструментальные платформы и комплексы с измерительными приборами. Такие структурные изменения часто являются результатом чрезмерных нагрузок, к примеру, из-за нарушения целостности резьбы или изгиба цилиндрических элементов.

Частые явления микропластической деформации эффективно преобразуют изначальные контуры и объемы компонентов, включая болты и заклепки, свидетельствуя о постепенном изнашивании материалов. Для точного определения масштабов этих изменений широко применяются как универсальные, так и узкоспециализированные измерительные инструменты. Вдобавок, с ростом времени наблюдается процесс старения материалов и их покрытий, выражающийся в появлении мелких трещин на их поверхности, заметном изменении цвета и формы, а также в ухудшении начальных качеств покрытий, включая их отслаивание или утрату блеска. Эти процессы рендерят прокладочные материалы значительно более ломкими.

Чтобы выявить присутствие коррозии, активно наблюдают за образованием оксидных покровов или мельчайшими трещинами и раковинами, прибегая к методике визуальной оптики и сопоставлению с эталонными образцами. Для детализированной оценки уровня ущерба, нанесенного коррозионными процессами, задействуют высокоспециализированные измерительные приборы или применяют технологии неразрушающего анализа. В отличие от этого, эрозия проявляется в результате интенсивного воздействия динамичных потоков

жидкости или газа, что приводит к механическому износу поверхности. Такое явление усугубляется наличием абразивных частиц и провоцирует физико-химические трансформации в верхних слоях материала.

В процессе оценки качественных характеристик производства, цель далеко не ограничивается простым выявлением разнообразных дефектов. Сложность задания возрастает за счет необходимости тщательного, количественного анализа несоответствий. В этом контексте требуется тщательно определить не только точное расположение недостатков в структуре материала, но и их размер, объем, а также точные линейные измерения, выраженные в соответствующих единицах.

В каждом индивидуальном случае, будь то отдельная деталь, узел или целая конструкция, критерии, по которым оценивается критичность повреждений, базируются на строгих указаниях, содержащихся в технических документациях или чертежах. Эти документы предписывают максимально разрешенные пределы ущерба, выход за рамки которых делает деталь не пригодной к использованию.

В зависимости от особенностей повреждений, будь то изнашивание, порталось от коррозии, механические повреждения, поражения эрозией, кавитация или же трещины, интенсивно различаются критические параметры. Эти параметры, воспринимаемые как недостатки, акцентируют внимание на ограничениях, касающихся их объёма, глубины и других критичных мер.

В некоторых ситуациях, когда точное выявление дефектного признака оказывается неосуществимым, крайне необходимо применение стандартных эталонов для детального сравнения. Существенно, на основе критической значимости, все обнаруженные недостатки непременно распределяются на три различные группы в зависимости от возможности их устранения: первая группа включает незначительные повреждения, которые не требуют немедленного вмешательства из-за их невлиния на функционал и срок

службы объекта, такие как неглубокие сколы или незначительные поверхностные деформации, исправление которых является экономически нецелесообразным; вторая группа состоит из дефектов, требующих внимания и восстановления в ходе ремонтных работ; и наконец, третья группа объемлет дефекты, устранить которые полностью невозможно.

В процессе оценки дефектов, особое внимание уделяется тщательному анализу каждого изъяна, акцентируясь на их потенциальном влиянии на долговечность и эффективность использования объекта, что осуществляется с помощью сопоставления с образцами-эталоном. Это позволяет точно классифицировать каждый обнаруженный недостаток по соответствующей категории, гарантируя адекватное и экономически оправданное решение, будь то ремонт, игнорирование или признание объекта непригодным.

В области устранения и превентивных мер против несовершенств, критически необходимо выделить, что некоторые пороки невозможно исправить с помощью обычного ремонта. В таких случаях, решением может стать либо частичная, либо полная замена аффектированных сегментов. Анализируя внешние причины, приведшие к появлению дефектов, можно значительно облегчить проектирование мер к их ликвидации и подавлению в будущем.

Очень важно для эффективного определения методологии ремонта тщательно понимать физические механизмы, вызывающие разрушения. Это не только помогает в оценке тяжести повреждений, но также в предсказании их последующего влияния или возможного распространения.

В свете ремонтных вмешательств, особое внимание уделяется второй категории дефектов, которые позволяют проведение ремонта, включая операции по устранению уронов или реконструкции покрытия, благодаря чему восстанавливаются изначальные параметры.

### **1.3 Существующая технология ремонта топливных баков и ее недостатки**

Внимательное наблюдение за целостностью и функциональностью топливных систем значительно увеличивает их надежность и безопасность. Это включает активную защиту от посторонних проникновений и утечек, критических для сохранения качества топлива в баке. Систематические осмотры, проводимые с неизменной регулярностью, реализуют важную роль в обнаружении минимальных повреждений. Эти нарушения, будь то микротрещины или механические дефекты соединений, могут манифестироваться в виде топливных утечек, что потенциально ставит под угрозу безопасность как самого водителя, так и перевозимого им груза. Особое внимание уделяется методам сварки и крепежным элементам, таким как болты и заклепки, которые должны обеспечивать герметичное соединение деталей. Эффективно предотвращая возможность попадания влаги и агрессивных химикатов внутрь, такие меры поддержания топливной системы способствуют поддержанию оптимального давления внутри топливного бака, что критически важно для безопасности всех участников дорожного движения.

В рамках усиления долговечности работы и повышения плотности топливного хранилища активно реализуется широкий спектр действий. Среди применяемых методов выделяются:

- Тщательный отбор герметичных материалов, к которым относятся изысканные резиновые изделия и специально разработанные ленты, предназначенные для создания непроницаемости.

- Использование уникальных фиксирующих элементов, включая монтирование высокопрочных специальных заклепок, что в значительной мере способствует укреплению соединений.

- Превентивная подготовка внутренней поверхности, осуществляемая путем нанесения защитных покрытий после установки всех фиксирующих

деталей. Эти защитные составы, устойчивые к влиянию топлива, образуют надежный барьер, эффективно усиливающий герметичность.

Этот комплекс мер, реализуемый с упором на детальность и аккуратность, позволяет значительно продлить срок службы топливного контейнера и обеспечить его оптимальную функциональность.

Применение усовершенствованного метода, объединяющего надежные уплотнительные материалы и передовые технологии обработки, эффективно способствует значительному продлению времени службы топливных резервуаров, а также существенно повышает их непроницаемость. Процесс ремонта начинается с тщательного предоставления доступа к зоне дефекта, что является ключом к успешному восстановлению герметичности бака. Он охватывает широкий спектр действий, нацеленных на устранение возможного просачивания топлива, выполнимый как с внутренней, так и внешней стороны пораженного соединения. Достигнуть высокого уровня эффективности этих процедур возможно лишь при умелом определении точки или предполагаемого места утечки, что непременно ведет к улучшению качества и продолжительности функционирования топливных емкостей.

Комплексный подход к решению проблем, связанных с нарушением герметичности, охватывает несколько тщательно спланированных и аккуратно выполненных шагов, осуществляемых с применением высокой степени мастерства и точности. Начать следует с обеспечения неограниченного и беспрепятственного доступа к зоне дефекта, что является первостепенной задачей. Затем, с применением диагностических методик, следует аккуратно определить или оценить местоположение утечки, что позволит выбрать наиболее эффективную стратегию её исправления.

Основой восстановительных мероприятий становится выполнение клепальных работ, которые лежат в фундаменте ремонтного процесса. Для дополнительного усиления герметичности и предотвращения возможных

будущих протечек, эти основные манипуляции дополняются выполнением ряда специализированных процедур.

Чтобы добиться идеальной непроницаемости соединений и исключить вероятность повторения подобных проблем в будущем, критически важно не только выбрать правильные методики ремонта, но и строго соблюдать рекомендованную последовательность действий. Этот этап критически важен для гарантии того, что источник проблемы будет обнаружен максимально точно и исправлен с наилучшим результатом.

Чтобы гарантировать налаженную функциональность топливного резервуара, необходимо обеспечить выполнение комплексных операций. Иницируется этот процесс с тщательной подготовки, включающей аккуратное и избирательное устранение любых объектов, существенно затрудняющих доступ к дефектному участку. Такие как съемные конструкционные элементы, нуждаются в немедленной демонтажной процедуре.

Затем, следует фаза тщательной очистки, при которой активно используются влажные ткани для максимально точного выявления источника утечки за счет удаления всех следов топлива. Этот шаг важен для обнаружения точного местоположения проблемы.

Дополнительно, критичным аспектом является детальная проверка и оценка того, насколько хорошо сохранилось защитное покрытие, так как это напрямую влияет на возможность устранения утечек.

Таким образом, процедура устранения утечек в топливном баке оборачивается рядом взаимосвязанных и последовательно реализуемых этапов, начиная с удаления помех, через глубокую и всестороннюю очистку, до точной оценки состояния защитного слоя. Эти шаги совместно направлены на обеспечение безупречного состояния топливного хранилища.

На заключительном этапе, процесс восстановления осуществляется с особой тщательностью, где через точную сварку деталей ведётся ремонт повреждений, обнаруженных ранее в герметичном слое, тем самым

восстанавливая его необходимую защитную функцию. Следующим важным шагом является тщательный осмотр этого слоя на предмет выявления мест, утративших свою непроницаемость, что критически важно для обеспечения долговечности. Применение методики, которая включает в себя как точечный ремонт так и детальную оценку состояния герметика, активно способствует сокращению необходимых трудозатрат и значительно упрощает процедуру технического обслуживания, продлевая жизнь герметичного слоя.

Прежде всего, крайне важно тщательно выкачать весь бензин не только из основной системы, но и из всех съемных контейнеров, при этом аккуратно регистрируя любые следы утечек в специально предназначенных для этого документах. Это действие занимает чрезвычайно важное место в общем порядке действий.

Затем, с особой тщательностью, проводится тщательный осмотр всей внутренней поверхности бака на предмет обнаружения любых дефектов, будь то мелкие трещины или серьезные отслоения. Это может стать недвусмысленным сигналом к неотложному проведению ремонтных мероприятий.

Для гарантии абсолютной герметичности бака, важно предпринять некоторые критически важные меры, особенно акцентируя внимание на местах вокруг поврежденных элементов фиксации. Эти меры обеспечат предотвращение любых потенциальных утечек и сохранят топливную систему в идеальном состоянии.

Чтобы ваш автомобиль оставался в безукоризненном условии работы, необходимо уделять особое внимание периодическому обслуживанию и ремонту. Акцентируя внимание на детальной проверке и ремонте топливного резервуара, эти меры занимают центральную позицию в уходе за автомобилем. Рекомендуется проводить все необходимые мероприятия в помещении с идеально подобранными условиями, где климат остается под строгим надзором. Обеспечение температурной среды в пределах от 10 до 25 градусов

Цельсия считается оптимальным выбором для достижения наилучших результатов.

Чтобы эффективно исправить повреждения и избавиться от течи, рекомендуется следовать определенной методике работы, которая включает в себя аккуратно осуществляемые и тщательно реализуемые шаги по сварке деталей.

Изначально, важно начать с тщательной и всесторонней очистки, оставляя позади любые следы устаревшего герметика, расширяя чистую зону на расстояние от 30 до 40 мм вокруг поврежденного участка, что критически необходимо для обеспечения идеальных условий в указанной области.

Продолжайте, переходя к витальному и детальному процессу выемки и подгонки, который начинается с осмотрительного изъятия испорченных заклепок, требующих вашего внимательного подхода. Особое внимание уделяется последующей подготовке отверстий под новые болты, с учетом ограничений пространства. Это может потребовать от вас выбора болтов второго класса или же обращение к более специализированным и подходящим моделям для оптимального соединения.

Завершающий акцент делается на капитальной очистке и надежной защите восстанавливаемого сегмента, подчеркивая ключевую роль этих мер в процессе восстановления. Этапы, описанные выше, имеют решающее значение для эффективного осуществления и реализации сварки деталей, гарантируя долговечность и надежность выполненной работы.

Важно, прежде всего, тщательно избавиться от всех следов герметика и мелких кусочков металла, которые образовались в результате дрелильных работ. Заключительным этапом становится тщательное удаление всех газов из обрабатываемой области, при помощи Нефраса, что позволяет предотвращать любые виды загрязнений еще на этапе их возможного возникновения.

После проведения очистки, критически важно оставить поверхность на отдых, позволяя ей естественным образом высохнуть в течение 15-20 минут.

Эти шаги непременно способствуют созданию надежной герметизации топливного бака и исключают шансы на протечки в будущем в зоне вмешательства.

Для обеспечения высшего уровня защиты и сохранения непрерывной работоспособности, настоятельно рекомендуем следовать предложенным рекомендациям:

Для обеспечения гарантированной герметичности и защиты, первоочередным шагом является тщательное нанесение современного герметика на болты. Это действие предусматривает создание надежного барьера.

Не менее важно эффективно выбирать и используемые клиновидные шайбы, предпочтение отдается ассортименту с разнообразием по высоте. Этот подход способствует оптимизации давления до оптимального уровня.

Завершающее действие, осуществляемое крайне аккуратно, подразумевает многократное нанесение герметика в области сварки деталей с помощью кисти:

- Сначала наносится основной слой, который оставляют сохнуть на промежуток времени от двух до трех часов.

- Далее, требуется более продолжительное время ожидания — до шести часов, для полного высыхания второго, завершающего слоя.

Каждый из этих этапов призван эффективно предотвратить возможные утечки и повысить надежность соединений, благодаря аккуратно реализуемым мероприятиям и применению качественных материалов.

Обратите внимательно и тщательно внимание, когда задача стоит в аккуратно и безукоризненно восстановить и сохранить герметичность, особенно это касается топливного бака. Необходимо учесть и внимательно применить ряд критически значимых действий, направленных на работу с уплотнительными механизмами. Их можно свести к следующим эффективно и аккуратно осуществляемым этапам:

1. В первую очередь, важно продуманно и бережно демонтировать все элементы уплотнения, что включает в себя аккуратное снятие крышек и заглушек, а затем — деликатное извлечение резиновых уплотнителей.

2. Следующим неотложным и обязательным шагом является тщательная очистка всех соединительных поверхностей. Это требуется для того, чтобы полностью исключить присутствие любых следов ранее использованных герметизирующих средств. Подобное действие непременно нужно для искоренения любых потенциальных утечек.

Важно не просто обновить покрытие герметика, но и обеспечить его перекрытие над предыдущим слоем на значимую величину, составляющую не менее 40-50 мм. Это крайне важно для того, чтобы достичь и поддерживать неукоснительную герметичность на долгие сроки.

Аккуратно выполненная подготовка и тщательная установка новой уплотнительной прокладки, которую необходимо изготовить из особо устойчивого к агрессивному влиянию топливных веществ материала, занимает ключевое место в обеспечении непроницаемости системы. Это крайне важно для избежания любых утечек. В особых случаях, когда осуществляется выбор в пользу реанимации уже однажды примененной прокладки, предпринимаются меры по ее глубокой и четкой очистке. Важность этого процесса неумолима, поскольку уплотнительные элементы, в том числе прокладки для люков и подобные заглушки, требуют изысканного и тонкого подхода в обслуживании и замене. Такой подход гарантирует их безупречное состояние и служит залогом для защиты топливного бака от любых нежелательных проникновений.

При осуществлении работ, связанных с установкой прокладок, неизбежно сталкиваемся с необходимостью использовать уникальные клеящие составы, например, такие как 88 НП или 88 Н. Это, в свою очередь, предполагает активное проведение операций по созданию отверстий для болтов. Внимательное исследование вопросов, относящихся к топливным системам

автомобилей, в представленном разделе, наглядно демонстрирует трудности, возникающие при попытке быстро осуществить слив топлива.

Типичные причины, приводящие к нарушениям в герметичности топливных емкостей, включают в себя:

- Встречающиеся дефекты в отдельных элементах крепежа, включая заклепки и болты.

- Проблемы, возникающие при монтаже демонтируемых деталей, таких как панели и люки.

- Трудности с обеспечением надежного закрепления обтекателей.

Таким образом, акцентируется внимание на специфике применения определенных клеев при монтаже прокладок и подчеркивается значимость точного выполнения операций сварки деталей для обеспечения сохранности герметичности топливных систем.

В процессе детального исследования систем автомобилей часто выявляются уязвимые места, ответственные за проникновение влаги и топлива. Эти уязвимые точки, обычно, обусловлены недостаточной герметичностью в критически важных зонах, включая, но не ограничиваясь: областями, где производится сварка каркасных элементов, местами контакта шовных соединений, а также участками, где реализуется фиксация устройств при помощи различных крепежных механизмов, особенно там, где компоненты подвергаются интенсивным нагрузкам.

Для эффективной борьбы с негерметичностью и предотвращения утечек в системах автомобиля, крайне важно не только точно определить локализацию и характер утечки, но и учесть, что ключевые элементы, такие как клапаны, насосы и датчики, часто оказываются в эпицентре проблемы из-за своего стратегического расположения в точках соединения. Понимание и решение этих проблем требует глубокого анализа и внимания к деталям, чтобы обеспечить надежную защиту от нежелательного проникновения жидкостей в систему.

В сценариях, когда компоненты бензобаков неизбежно подвергаются регулярным циклическим испытаниям напряжениями, повреждения из-за усталости материала оказываются не редкостью. В контрасте, поражения, спровоцированные статическими нагрузками, происходят гораздо реже. Утомление материалов несет в себе глубокие последствия для структур, способствуя их внезапному и неожиданному разрушению. Все начинается с малозаметных на первый взгляд перемен, которые, несмотря на свою зловещую важность, зачастую остаются без внимания до трагического финала. Последовательность причин и следствий данной проблематики могла бы быть пересказана иначе.

Факторы, вызывающие истощение материалов, представляют собой комплексную проблему, наличие которой объясняется появлением микроскопических трещин под воздействием интенсивных нагрузок или внезапных скачков в структуре материала, что особенно заметно в местах, наиболее подверженных напряжению. Эти микроповреждения, невидимые для глаза, могут накапливаться со временем. Мелкие трещины могут быстро увеличиваться в размерах, что внезапно приводит к потере целостности и работоспособности структурных компонентов. Из-за того что явные признаки усталости материалов отсутствуют до наступления момента критической неисправности, риск внезапного разрушения делает данное явление крайне опасным. Так, коварство усталостного разрушения заключается в его непредсказуемости и трудности в обнаружении до того, как произойдет необратимый сбой, что делает своевременное выявление и предотвращение проблемы чрезвычайно важным.

В ходе глубокого и всестороннего анализа, экспертами было обнаружено, что противостояние износу и разрушениям, вызванным усталостью, неизбежно требует особенно тщательно подобранных и аккуратно реализованных условий. Несмотря на то, что комплексные и детальные исследования прочности и функциональности критически важных частей топливных систем проводятся

регулярно и тщательно на протяжении всего их срока службы, иногда сталкиваются с неожиданными отказами этих компонентов. В том числе, возможны случаи образования трещин, предвидеть которые заранее оказывается крайне сложно. Задача технического обследования состоит в том, чтобы максимально рано обнаруживать такие дефекты.

Представленная информация была организована таким образом, чтобы ее было проще усваивать:

- Эффективная предупреждение разрушений от усталости зависит от внедрения и точного соблюдения конкретных мер и условий.

В пучине постоянного использования, конструкции, искусно сконструированные с предвидением возможных неприятностей, демонстрируют удивительную способность к выживанию. Они обладают уникальной устойчивостью, благодаря которой могут продолжать работу, несмотря на наличие повреждений. Этот замечательный аспект, который является краеугольным камнем их дизайна, известен как принцип безопасного разрушения. Этот принцип подчеркивает, что не каждая трещина или изъян судит конструкцию на немедленный коллапс.

В этой эпохе использования, особенно актуализируется роль технического надзора, чья задача – не только обнаруживать дефекты невиданным глазом, но и предотвращать их незамедлительное распространение. С регулярно проводимыми испытаниями на усталость и проверками функциональности жизненно важных элементов топливных механизмов, диагностика стремится минимизировать риски, связанные с разрушением, которое может быть как полным, так и частичным, вызванным непредсказуемым появлением трещин.

Таким образом, с величайшей аккуратностью и предусмотрительностью, осуществляется мониторинг и сварка деталей, чтобы предотвратить потенциальные угрозы для стабильности и безопасности систем на протяжении всего периода их службы.

Необходимо пристально обращать внимание на ряд важных аспектов, оказывающих существенное воздействие на цельность и надежность конструктивных элементов, прежде всего в машиностроении. Одним из ключевых моментов является оказываемое воздействие повышенных температур, особенно когда они воздействуют неравномерно, на компоненты автомобилей. Это неизбежно приводит к изменениям в структуре используемых материалов, что особенно критично при сварке деталей, ведь такие изменения могут подвергнуть риску структурную целостность.

Однако обнаружение признаков усталости и повреждений не всегда свидетельствует о неизбежном приближении конца эксплуатационного периода объекта. С адекватным подходом к дизайну и разработкой стратегий для обеспечения безопасности при потенциальном разрушении, возможно продолжить эксплуатацию даже с наличием некоторых дефектов. Это подразумевает, что эффективно реализуемые меры по поддержанию и укреплению структурной прочности могут существенно продлить жизнь конструкций.

Ключевым элементом является также осознание того, что прочностные характеристики материалов, находящих применение в создании машин и механизмов, подвержены значительным изменениям под влиянием колебаний температур. Таким образом, необходимо всесторонне и основательно подходить к анализу влияния температур на материалы, используемые при сварке и других процессах сборки, чтобы обеспечить долговечность и надежность машиностроительных изделий.

Увеличение температурных показателей зачастую негативно сказывается на таких критических характеристиках, как способность выдерживать деформации без разрушений и эффективно противостоять различным внешним воздействиям, что напрямую влияет на их прочность и длительность службы в рамках различных конструкций. С целью обеспечения более высокого уровня

прочности и надежности компонентов, крайне важно следовать ряду методик на этапах проектирования и ремонта, в том числе:

- Создание конструкций с предвидением снижения внутренних напряжений, что значительно повышает способность материалов противостоять воздействиям.

В процессах проектирования и восстановления компонентов механизмов, включая критически важные элементы вроде топливных баков, на которые возлагаются высочайшие требования к надежности и продолжительности службы, особенно эффективно зарекомендовали себя методики, метко нацеленные на умелое улучшение геометрии деталей. Здесь ключевым моментом выступает аккуратное и предусмотрительное увеличение скруглений и гарантирование плавных переходов между участками с разнообразной плотностью, чтобы элегантно уберечь весь механизм от нежелательных трещин и избыточной нагрузки в самых уязвимых местах. Обеспечение такой деликатной и профессионально курируемой сварки частей позволяет заметно снизить вероятность внезапной потери целостности материала из-за высоких напряжений, что неминуемо продлевает срок их безупречной службы и повышает общую надежность всей конструкции.

Для повышения устойчивости топливных емкостей к утечкам, важнейшей задачей является наращивание их герметичности. С этой целью особенно эффективно применяются самовулканизирующиеся герметики, которые могут быть использованы множеством способов для достижения наилучшего результата:

- Тщательно покрывая внутренние швы,
- Аккуратно обрабатывая внешние швы,
- Производя равномерное покрытие поверхности методом заливки.

Применение каждого метода по отдельности обеспечивает эффективную герметизацию, но их интегрированное использование значительно увеличивает

герметичность, нацелено на максимальное исключение любых возможностей для утечек топлива.

Особенно акцентируя внимание на передовой технологии, которая стремится к усилению долговечности соединительных элементов, наподобие болтов и заклепок, стоит отметить, что методика усиления поверхностной стойкости через пластическую деформацию активно борется с вызовами, связанными с отсутствием герметичности. Эта практика, воздействуя на верхний слой, вызывает сжимающие напряжения, что эффективно способствует нейтрализации возможных протечек.

Интегрируя эти передовые стратегии, реализуется заметное увеличение производительности топливных резервуаров, достигаемое за счет их оптимального применения и гарантирования стабильной работы.

Из-за многочисленных причин материалы испытывают ухудшение своих свойств, в том числе из-за обрыва связей на уровне молекул и подобных процессов. Замечено, что активное использование компрессионных усилий может существенно смягчить последствия этих нарушений. В процессе, когда происходит пластическая деформация материала, его плотность значительно возрастает, что способствует снижению влияния микроскопических пор, мельчайших трещин и других аналогичных дефектов на прочность материала, эффективно повышая его способность противостоять износу.

Что касается утечек в топливных резервуарах, то причины их возникновения разнообразны и требуют детального изучения.

В производственном процессе и использовании автомобилей сталкиваются с многочисленными препятствиями, портящими качество материалов. К ним относятся не только разрушения на молекулярном уровне, но и другие схожие проблемы, резко снижающие стойкость материалов к внешним воздействиям.

Чтобы минимизировать последствия такой деградации, активно применяются методы, укрепляющие структуру изделий. Ключевыми стратегиями являются использование компрессионных технологий для

уменьшения повреждений и увеличение плотности материалов через пластическую деформацию. Эти методы нацелены на борьбу с микроскопическими дефектами, такими как микропустоты и трещины, значительно повышают устойчивость материалов к различным видам повреждений.

Таким образом, методический и целенаправленный подход к обработке деталей, включая прецизионную сварку, и прочие реализуемые техники значительно улучшают долговечность и надежность автомобильных компонентов, избавляя от типичных проблем, возникающих в результате естественной деградации и эксплуатационных нагрузок.

Образование трещин может быть следствием усталости материала, в то время как снижение качества защитного покрытия внутри сочленений часто связано с первичными производственными дефектами или может указывать на недостаточный или неправильный уход за транспортным средством на протяжении его эксплуатационного периода.

#### **1.4 Задачи бакалаврской работы**

Чтобы успешно добиться поставленной цели, перед нами стоит несколько ключевых задач, успешное выполнение которых имеет решающее значение:

- Начинать нам предстоит с глубокого и всестороннего анализа, с целью выявления сфер, в которых наша техника по возобновлению функциональности топливных резервуаров для автотранспорта превзоходит существующие методики и определения моментов, где мы испытываем нехватку эффективности. Исследование наших преимуществ и недостатков занимает чрезвычайно важную роль в данном этапе.

- Затем, нас ожидает процесс составления детализированного плана проекта, который займет центральное место в нашей работе. Этот план

должен включать в себя обстоятельный перечень всех необходимых устройств и средств для выполнения ремонтных работ и точно обосновывать наш выбор методики ремонта. Подобное задание предполагает не только тщательное исследование, но и стратегическое видение.

Эти действия требуют пронизательного подхода и глубокого стратегического осмысления каждого шага, особенно когда речь идет о таких процессах, как сварка деталей, которые должны быть реализованы с особой тщательностью и точностью.

В основу нашей стратегии, направленной на успешное достижение задуманного результата, заложены действия, которые требуют не просто внимания, а крайне аккуратного и продуманного подхода. На пути к этой амбициозной цели, восстановлению функциональности топливных систем автомобильных агрегатов, критически важно осознавать значимость глубокого и всестороннего разбора каждой детали проекта. Это исследование должно охватывать не только тщательный анализ существующих методик обслуживания и ремонта топливных баков, но и углубленное понимание типичных неполадок, препятствующих их оптимальной работе.

Аспекты, на которые мы делаем особый акцент, включают в себя интенсивное изучение технологических процессов эксплуатации топливных систем, выявление и детализацию стандартных и внештатных процедур их обслуживания. Кроме того, особое внимание уделяется идентификации типичных дисфункций и дефектов, с которыми эти системы часто сталкиваются. Только через такой глубокий и всесторонний анализ можно нацелиться на эффективное достижение нашей главной цели – восстановление безупречной работоспособности топливных баков.

Принятие этого многоаспектного подхода намеренно направлено на гарантированное превосходство нашего проекта в сфере реализации топливных систем, подчеркивая его уникальность через инновационное решение задач. Стратегически продуманное объединение различных этапов

разработки несомненно обеспечит достижение нашей главной цели - восстановления и повышения функциональности топливных баков на высочайшем уровне.

В процессе работы с топливными баками, акцентируется внимание на нескольких критически важных аспектах, обуславливающих их безопасное и надежное применение. В числе приоритетных задач выделяются следующие:

Реализация пневматической проверки герметичности баков, выполненная как до, так и после проведения ремонтных работ, занимает центральное место в этом списке. Этот метод включает применение специального газового состава, объединяющего воздух и элегаз, что позволяет с высокой точностью обнаружить даже мельчайшие утечки.

Анализ устойчивости и долговечности элементов, которые используются в конструкциях баков, несомненно, крайне необходим для гарантии безопасности и исключения каких-либо непредвиденных происшествий в ходе их использования. Основательно проведенное технико-экономическое обоснование стоит во главе угла при разработке любого проекта, включая амбициозные задачи, такие как сварка деталей. Это требует не только тщательной оценки всех предполагаемых расходов и потенциальных выгод от внедрения проекта, но и подкрепления его жизнеспособности, а также предполагаемой рентабельности. При этом, важнейшим аспектом является продуманный анализ безопасности, который охватывает не только оценку угроз для людей, но и возможное негативное влияние на природу, присущее проектам, связанным с использованием топливных баков. Выявление и всесторонняя оценка всех вероятных опасностей является приоритетной задачей в этом процессе, обеспечивая не только безопасность, но и экологическую совместимость проектов.

В сердце успешной работы с топливными системами лежит не только внимание к техническим процессам, таким как тщательная сварка деталей и детализированный анализ их крепости, но и глобальное стремление к

повышению безопасности и финансовой выгоды в целом. Ключевые моменты, на которых неизменно нужно сосредотачиваться для достижения безупречного результата и обеспечения защиты, - это осуществление качественно выполненных работ и реализация надежной защиты на протяжении всех фаз проекта.

Так, задачей первостепенной значимости является строгий контроль за качественным исполнением работы, в то время как задача второй, но не менее важной, заключается в создании устойчивой защиты, оберегающей проект от потенциальных угроз на всех этапах его развития.

## **2 Разработка технологии ремонта топливных баков**

### **2.1 Обоснование последовательности, содержания и режимов технологического процесса**

Чтобы эффективно обновить защитный барьер в процессе установки новых ремонтных элементов, следует строго соблюдать ряд необходимых действий:

1. Вначале важно тщательно удалить имеющийся лакокрасочный слой в ремонтируемой зоне, при этом обязательно расширять область очищения минимум на 30 мм за пределы места фиксации новой детали.

2. Если в ходе этих работ обнаружится коррозия, её устранение становится обязательным, после чего крайне важно нанести свежий лакокрасочный слой для обеспечения защиты.

3. В случае, если ремонтные элементы выполнены из алюминиевых сплавов, их необходимо обработать антикоррозийными методами, в том числе и путём проведения локального оксидирования, чтобы предотвратить возможное разрушение материала.

Данные мероприятия должны быть осуществлены с особой тщательностью и вниманием к деталям, чтобы гарантировать продолжительную эффективность и надёжность защиты после проведения ремонтных работ.

Необходимость тщательно применить лакокрасочный слой к определенным компонентам остается критичной, при этом крайне важно провести эту процедуру, ограничиваясь исключительно границами автомобильной конструкции, избегая контакта с его внешней поверхностью. Принимая во внимание такие действия, можно не только гарантировать защиту исправляемой области от внешних воздействий, но и эффективно блокировать пути для коррозии, тем самым сохраняя как визуальные, так и структурные характеристики транспортного средства.

Внедрение защитных мер для элементов крепления, встроенных в топливные системы, выступает в роли фундаментального элемента. Использование уникальных методик в процессе установки этих компонентов обеспечивает высококачественную изоляцию, укрепляя тем самым общую надежность конструкции.

В процессе осуществления крепления под высоким напряжением неизбежно используются уникальные герметики, которые аккуратно размещаются под головками болтов для обеспечения максимальной герметичности. Когда же речь идет о монтаже надежных и долговечных заклепок, эти же герметики тщательно наносятся на специально подготовленные под заклепки углубления, обеспечивая тем самым дополнительную защиту.

Переживая процесс надежного закрепления ремонтной пластины на внешнюю часть кузова авто, важно провести комплекс мероприятий по её обработке. Вначале, следует тщательно обработать поверхность химическими составами, целью которых является создание защитной оксидной пленки. Далее необходимо применить антикоррозийный грунт ЭП-0215, который обязательно должен подвергнуться процессу тщательной сушки на протяжении всего дня. Завершается процесс красочным акцентом: внешняя сторона пластины аккуратно окрашивается в цвет, который не просто сочетается, а идеально гармонирует с общим цветовым решением автомобиля, подчеркивая его эстетическую привлекательность и подчеркивая внимание к деталям, как в вопросах защиты, так и в достижении эстетического совершенства.

В начале процесса защиты крепежных элементов от вредителя - коррозии, весьма важно аккуратно выполнить следующие шаги, рекомендуемые экспертами. Начать стоит с аккуратного изъятия любых деталей фиксации, которые уже пострадали от разрушительного воздействия коррозии. Это осуществляется путем тщательного удаления всего, что

поражено коррозионным процессом, используя для этой цели наждачный материал.

Особо внимательного отношения требуют места с минимальными повреждениями на болтах - их чистка должна быть выполнена с невероятной аккуратностью. Цель здесь - достигнуть безупречного состояния поверхности для гарантированно качественного сцепления с оставшейся частью болта. В ходе этого процесса критически важно не допускать, чтобы глубина удаленного коррозионного слоя превысила 0,2 мм, так как это обеспечивает оптимальное условие для дальнейших ремонтных работ.

## 2. Обновление защитного покрытия.

- Как только крепежи будут тщательно отмыты от всех признаков коррозии, на очереди стоит задача воссоздания на них электролитического защитного покрова.

Особенно критично для сектора машиностроения избегать использования элементов крепежа, подвергшихся коррозии на протяжении более чем 0,2 мм в глубину, поскольку такие компоненты уже не могут обеспечить требуемую надежность и высокий уровень качества соединений, что нередко становится причиной неожиданных сбоев в работе механизмов.

При обнаружении следов коррозии на таких элементах, как гайки и болты, необходимо немедленно предпринять определенные меры для их устранения. Эти меры подразделяются на различные стадии в зависимости от степени урона:

В случае обнаружения на гайках резьбы, потерявшей свою исходную форму из-за агрессивного воздействия коррозии, настоятельно советуется предпринять замену этих элементов, оптоваясь за альтернативы, отличающиеся высшим стандартом качества. Особенно актуально это становится, когда речь идет о критически важных частях, выполняющих ключевые функции в механизмах и конструкциях, где надежность является первостепенной.

Если же поражение коррозией ограничивается лишь поверхностным слоем, то великолепно подойдет тактика использования специализированного агента ВПТ-1. Этот уникальный состав чудесным образом борется с ржавчиной, не просто избавляя от нее, но и обволакивая поверхности деталей защитным фосфатным слоем. Такое решение отодвигает на дальний план необходимость применения гальванического покрытия, предлагая более простой и в то же время надежный способ защиты.

Продвигаясь далее в цепочке ремонтных процедур, следует осуществить обработку крепежных элементов специализированным грунтом ЭП-0215. Этот этап выделяется своей критической важностью, поскольку предоставляет крепежу дополнительный уровень защиты, благодаря чему увеличивается общий срок службы и надежность системы.

Завершающий аккорд в этой многоэтапной процедуре защиты – это аккуратное нанесение лакокрасочного покрытия на крепеж после его установки на автомобиль. Этот шаг не только усиливает защитные свойства всей системы, но и придает ей визуальную привлекательность, дополняя общий вид транспортного средства блестящим и эстетичным финишем.

Следовательно, для обеспечения долговечности и надежности фиксирующих компонентов при обнаружении первых признаков коррозии, крайне важно аккуратно подобрать методику обработки. Тщательно реализуемое нанесение защитных слоев значительно продлит срок службы этих элементов, предотвращая их преждевременное повреждение.

В процессе аккуратного разбора и для предотвращения потери целостности соединений при удалении болтов, критично следовать определенному алгоритму действий:

1. Прежде всего, важно особенно бережно обращаться с болтами, на поверхности которых заметны следы коррозии, чтобы снизить вероятность

их повреждения. Если обнаруживаются корродированные болты, их следует осторожно демонтировать, тем самым минимизируя риск их разрушения.

Одной из ключевых мер предосторожности, улучшающих надежность сцепления, является вращательное исключение болтов, при этом крайне не рекомендуется извлекать больше половины из них последовательно в одном сочленении. Это действие серьезно повышает стабильность соединения.

В ситуациях, где потребность в замене болтов становится неотвратимой, настоятельно важно отдавать предпочтение исключительно новым, отвечающим строгим критериям качества, комплектующим.

Что касается вопросов, касающихся реставрации и сборки деталей, следует строго следовать точным указаниям, заложенным в "Руководстве по капитальному ремонту", выполняя установку болтов и гаек. Обеспечение их крепления становится возможным благодаря применению специализированного герметика, который гарантирует их неподвижность посредством затвердевания по завершении процесса монтажа, способствуя тем самым усилению целостности и прочности всего соединения.

В оценке степени устранения коррозионных повреждений, аналитический престиж уделяется капиллярному анализу и электромагнитным методам исследований благодаря их впечатляющей точности в выявлении размеров повреждений. Рекомендации, представленные здесь, предназначены для обеспечения высокоэффективного и безопасного выполнения демонтажа и монтажа с целью гарантирования прочности и надежности соединений на долгие годы.

Для достоверного измерения толщины материала после его очистки от коррозии следует обратиться к передовым технологическим решениям. В этом контексте, ультразвуковое устройство CL - 204 выделяется как выдающийся инструмент, предназначенный специально для таких задач. Тем не менее, на рынке существует множество других инструментов, способных

предоставить надежные данные о глубине коррозионных поражений после их очистки.

В арсенале инструментов, предназначенных для аккуратных и чётких измерений, особое место занимают такие приборы как микрометр, линейка и штангенциркуль. Однако, не стоит упускать из виду и часовые индикаторы, которые заслуживают особого внимания благодаря их способности предоставлять весьма точные сведения касаясь глубины коррозионных поражений. Среди этой категории инструментов особенно выделяются модели ИЧ - 2, ИЧМ - 2 и ИЧ - 5.

Акцентирование внимания на всестороннем измерении повреждённых участков имеет ключевое значение, ведь это значительно сокращает риск возможных просчётов, вызванных неоднородностью обрабатываемой поверхности. Главная задача этих измерений заключается в точной фиксации наибольшей глубины коррозионного воздействия, что, в свою очередь, предоставит надёжные данные для оценки текущего состояния материала.

В ситуациях, когда прямое измерение глубины коррозии оказывается невозможным из-за отсутствия необходимого оборудования, эксперты часто обращаются к обходному пути – они создают отпечатки. Этот метод предусматривает первоначальное покрытие обрабатываемой области слоем пластилина или герметика, предварительно обработанного смазочным веществом, чтобы обеспечить легкость отделения. После того как покрытие достаточно затвердеет, его аккуратно удаляют, чтобы проанализировать полученный отпечаток.

В этом процессе, осуществляемом специалистами, аккуратно подготовленная поверхность сначала обрабатывается разделяющим агентом, а затем покрывается слоем пластилина или герметика. Инициатива применения такого метода появляется из-за невозможности применения стандартных инструментов измерения по причине их отсутствия. После того

как материал полностью затвердеет, его бережно снимают для детального исследования.

С использованием высококачественного измерительного оборудования осуществляется детализированный анализ, что значительно улучшает точность оценок повреждений, вызванных коррозией. Представленный метод открывает возможность для аккуратного определения состояния затронутых участков, что является критически важным для успешного преодоления проблемы коррозии. Наибольшее значение придается своевременному выявлению и эффективной устранению проявлений коррозии, поскольку это способствует предотвращению ее дальнейшего распространения и обходу потенциально необратимых последствий, которые могут произойти при продолжении использования поврежденных элементов.

Даже если коррозия встречается на поверхности в крайне ограниченных количествах, она способствует существенному ухудшению структуры. Этот являющийся рискованным феномен не просто опасен для безопасного функционирования, но и активно уменьшает уровень надежности. Следственно, стабильность становится серьезно нарушенной; сфера безопасного использования оказывается значительно скомпрометированной; процесс ухудшения претерпевает заметное ускорение.

## **2.2 Выбор технологических и вспомогательных материалов**

В интенсивно развивающемся процессе сборки топливных резервуаров, предназначенных для разнообразной техники — от легкового и грузового транспорта до специализированной аппаратуры, незаменимым становится применение технологии лазерной сварки. Этот высокотехнологичный метод демонстрирует несравненную гибкость, обеспечивая возможность работы с широким спектром материалов, в том числе сталью, алюминием и

различными полимерами. Однако, несмотря на первоклассную точность и надежность сварных соединений, со временем, под воздействием интенсивных эксплуатационных нагрузок, может наблюдаться ухудшение целостности топливных баков. Деформации, трещины, вмятины, а также пробой становятся причиной утери герметичности этих критически важных компонентов. Эксплуатация поврежденных топливных баков строго пресекается из-за возрастающих рисков, связанных с безопасностью использования, потенциальным уроном для природы и технических средств, а также значительными финансовыми убытками для обладателей данной техники.

Если в вашем автомобиле вдруг начнет ощущаться запах бензина, крайне важно без промедления обратиться за техническим обслуживанием, чтобы тщательно исследовать и выявить корень проблемы. Иногда обнаруживается, что незначительные дефекты в бензобаке, такие как поверхностные трещины или единичные повреждения, поддаются исправлению. Однако, важно осознавать, что серьезные повреждения или обширный урон от коррозии могут оказаться неподдающимися ремонту, особенно это касается малогабаритных топливных контейнеров. В этих случаях, когда финансовые затраты на замену контейнера значительно превосходят стоимость его реставрации, может оказаться необходимым прибегнуть к более сложным и продвинутым методикам восстановления. Среди таких методов особое место занимает лазерная сварка, позволяющая эффективно и качественно восстанавливать детали.

В сфере технологий и научных исследований, особенно в контексте повышения эффективности топливных резервуаров, нельзя недооценить значимость работ, активно проводимых выдающимися специалистами. Среди этих блестящих личностей особо заметны такие имена, как профессор и доктор технических наук А.И. Иванов, прославленный не только как заведующий кафедрой САА, но и удостоенный чести быть Заслуженным

деятелем науки и техники России. Экспертный состав дополняется М.В. Краевым, еще одним профессором и доктором технических наук, ведущим кафедру КТУ и занимающим статус академика. В этом же престижном перечне заслуженно находится и Тунаков А., чьи исследования и разработки также внесли неоценимый вклад в процессы восстановления и улучшения функциональности топливных емкостей, благодаря чему возможно осуществление высококачественной сварки деталей и компонентов, способствующих длительной и надежной эксплуатации.

Корреспондент ТАН, П., держатель звания кандидата технических наук и почётного титула доцента, наряду с доцентами Б.Г. Краснопеевым и Н.Н. Автономовым, активно и усердно способствуют развитию научного направления. Их колоссальный и безусловно важный вклад в область, касающуюся технологий по восстановлению топливных емкостей, выполняемых посредством сварки, неоспоримо и всесторонне способствует улучшению и обогащению методов работы. Эти исключительные исследователи, благодаря своему опыту и неустанной работе, занимают центральное место в динамично развивающемся и инновационном процессе осуществления передовых технологических прорывов.

Чертеж исследуемого и восстанавливаемого топливного бака показан на рисунке 1.



и постоянного совершенствования применяемых процессов. Эффективно выполненная модернизация, использующая последние достижения в области сварки и ремонта, обеспечивает не только продление срока службы оборудования, но и значительно повышает уровень безопасности, внося весомый вклад в обеспечение стабильности и надежности в энергетическом секторе и за его пределами.

Анализ выделяет следующие критические элементы, касающиеся восстановления функциональности:

- Восстановительные процедуры являются многоаспектными и наполнены сложностями, требующими глубокого погружения в процесс.

- Существует явная потребность в интегрированном подходе, сопровождающемся обновлением и внедрением новейших технологий.

- Огромное значение придается обеспечению безопасности, которая является критической как для промышленности, так и для общественного благополучия.

- Технологии восстановления подлежат модификации, зависимо от степени повреждений и текущего состояния резервуаров.

- Процесс играет ключевую роль в продлении сроков службы топливных резервуаров и гарантии их безопасной эксплуатации.

Для обеспечения безопасности и минимизации возможности утечек топлива крайне важны два этапа: аккуратный и детальный осмотр топливных баков до начала их эксплуатации и после завершения поездок.

Требования к сохранению непроницаемости бензобаков транспортных средств артикулируются через две фундаментальные принципы:

1. Открытие любой утечки не становится непосредственным запретом на дальнейшее использование транспорта, при условии активного контроля за проблемой и её оперативного решения в рамках последующего запланированного сервиса.

2. Выявленная протечка не исключает продолжение вождения, допускается временная эксплуатация до момента устранения неисправности, которое должно быть выполнено либо в интервалах между поездками, либо во время стандартного обслуживания.

Следовательно, для обеспечения безаварийной работы авто неотложно и критически важно поддерживать бензобаки в исправном и герметичном состоянии, активно и эффективно реагируя на любые признаки утечек.

В процессе реновации резервуаров активно используются разнообразные, инновационно реализуемые техники, среди которых наибольшую эффективность демонстрируют два фундаментально различных метода. Во-первых, широко применяемая сварка является ключевой в исправлении дефектов, таких как трещины и дыры, которые неизбежно появляются благодаря разрушительному воздействию коррозии либо механическим повреждениям. При этом критически важным является грамотный выбор соответствующей методики сварки – будь то дуговая или газовая – и обязательное применение материалов высшего качества для гарантирования исключительных результатов восстановительных работ. Во-вторых, в арсенале имеются специализированные ремонтные компаунды, которые предоставляют возможность быстро и без лишних усилий затянуть мелкие трещины и сквозные отверстия без необходимости прибегать к трудоемким сварочным процедурам.

Важность борьбы с распространением коррозии на поверхности топливного резервуара неоспорима, поскольку это препятствует дальнейшему ухудшению его состояния. Разнообразие методов борьбы с этой проблемой свидетельствует о наличии множества подходов, каждый из которых отличается уникальными преимуществами и подбирается исходя из конкретного характера повреждения и особых требований, предъявляемых к процедуре ремонта. Необходимость восстановления топливных резервуаров, особенно при наличии значительных повреждений, может влечь

за собой ряд сложных операций, включая частичную или полную замену поврежденного элемента. Этот процесс обычно предполагает выполнение ряда ключевых шагов: начиная с демонтажа поврежденного бака, подготовки соответствующих креплений, и завершая установкой нового элемента. При осуществлении данных операций необходимо проявлять особую аккуратность, не теряя из виду технические аспекты процесса и строго соблюдая меры безопасности, обусловленные работой с топливными системами, чтобы обеспечить надежную и безопасную эксплуатацию резервуара.

К тому же, для того чтобы эффект от ремонтных мероприятий, направленных на исправление поломок топливных резервуаров, был ясен и понятен, крайне рекомендуется активно использовать таблицы. Такие таблицы аккуратно и детально должны отражать следующую информацию:

- точное количество и конкретные виды зафиксированных дефектов;
- примененные техники и подходы для исправления ущерба, включая, но не ограничиваясь, процедуры сварки деталей;
- итоговую сумму, потраченную на процессы ремонта.

Применение таблиц позволяет не только структурировано и ясно продемонстрировать данные о проведенных ремонтах, но и подчеркнуть эффективность осуществленных реставрационных мероприятий, что становится видимым и легко анализируемым (таблица 2).

Таблица 2 – Методы восстановления топливных баков

<b>№</b>	<b>Тип повреждения</b>	<b>Метод восстановления</b>
1	Трещина на дне бака	Сварка
2	Пробоина в боковой стенке	Ремонтный компаунд
3	Полная замена бака	Замена

Для продления эксплуатационного периода топливных емкостей, их реставрация носит высокоэффективный и экономичный характер. Особенно

критично выбирать способ ремонта, внимательно изучая типы повреждений, не игнорируя при этом важность технических деталей и элементов безопасности, что крайне важно в данном процессе.

На заводе ООО "ПК Венткомплекс", процедура регенерации топливных резервуаров реализуется через несколько этапов:

- Сперва команда экспертов осуществляет детальный осмотр резервуара, чтобы определить и оценить обширность поражений.

Изначально, важнейшей задачей является тщательное очищение поверхности бака, причём это делается с применением высокоэффективных очистителей, способных удалять самые разнообразные виды загрязнений, будь то грязь либо масляные пятна. На этом этапе осуществляется превращение засорённой поверхности бака в идеально чистую, что является предпосылкой для всех последующих операций.

Превозмогая препятствия в виде ржавчины и коррозии, необходимо применять специальные химические составы или инструменты, специально разработанные для этой цели, чтобы аккуратно и тщательно избавиться от этих нарушителей целостности материала. Это действие сверхважно, поскольку оно создаёт надёжную основу для дальнейших этапов восстановления.

Заключительным штрихом является тщательное выравнивание поверхности с помощью качественной шпатлёвки. Таким образом, аккуратно и метикулёзно устраняются все мелкие изъяны и неровности, возникшие в результате предыдущих этапов работы над баком. Это действие позволяет добиться необычайной гладкости и ровности поверхности, что становится ключом к успешному завершению подготовительных работ перед сваркой деталей.

После аппликации шпатлёвки, её важно аккуратно и всесторонне отполировать. Для этой цели применяется либо абразивная бумага, либо шлифмашина, цель которых - достигнуть безупречной плавности

поверхности. Затем следует этап, при котором на поверхность топливного резервуара наносится защитное покрытие, что является гарантией против будущих коррозионных атак, способствуя увеличенному сроку службы и повышенной надёжности резервуара.

Внедрение передовых техник исправления дефектов на топливных резервуарах в рамках деятельности ООО "ПК Венткомплекс" способствует заметным улучшениям. К таким улучшениям относятся не только увеличение прочности и сохранности резервуаров, но и минимизация опасности утечек топлива, а также эффективное предупреждение возможных неприятностей.

В процессе эффективного исправления имеющихся несовершенств в топливных резервуарах, компания "ПК Венткомплекс" активно задействует высокоспециализированное оборудование. Среди него выделяются:

- Шлифовальный аппарат или точильный прибор, решающие задачи устранения ржавчины, коррозии и любых видов поверхностных дефектов бака с высокой точностью.

- Гибкие валы с расширяющимися возможностями, предназначенные для глубокой и детальной очистки труднодоступных участков от коррозии и ржавчины, обеспечивая тщательный уход за состоянием баков.

Благодаря стратегическому внедрению и осуществлению данных технологических процессов, "ПК Венткомплекс" успешно улучшает надежность и существенно продлевает срок службы топливных резервуаров, значительно повышая их эксплуатационную безопасность и долговечность.

В рамках процесса детального восстановления и всестороннего обслуживания резервуаров, активно задействуется широкий спектр оборудования, среди которого не обходится без уникальных устройств. Особенно эффективными в борьбе с различными повреждениями, в числе которых локализация трещин и исправление деформаций, а также в ситуациях, требующих замены утраченных элементов, являются

инверторные машины, способные на магнитно-импульсную сварку, а также разнообразные, высокоточно настроенные сварочные аппараты.

Когда дело доходит до удаления застоявшихся остатков топлива и разнообразных загрязнений, на передовую выходят мощные поршневые насосы вместе со станциями, генерирующими высокое давление, воплощая меры по глубокой чистке. А для того чтобы вскрыть и тщательно исследовать все возможные дефекты, принимаются меры по включению в работу высокопроизводительных инспекционных камер и мощных светильников, позволяющих осуществить детализированный визуальный анализ и обнаружение скрытых недостатков в резервуарах.

Для гарантирования тщательной и качественной очистки резервуаров незаменимым условием является активное использование компрессоров, акцентированно направляющих струи сжатого воздуха для достижения высокой эффективности процесса. Не менее значимым аспектом является внимательный подход к выбору и применению воздушных фильтров и осушителей, цель которых - тщательное изъятие любых загрязнений и капель влаги из используемого воздушного потока в ходе выполнения работ.

Для уверенности в надежности и продленном сроке службы технического обеспечения, критически важно обладать набором необходимых запасных частей. Это включает в себя, среди прочего, ассортимент клапанов, защитных крышек и уплотнительных прокладок, благодаря чему возможно быстрое и эффективное восстановление функциональности при случае возникновения повреждений или значительного износа компонентов.

Важно оснастить сотрудников, задействованных в техническом уходе за топливными резервуарами, чрезвычайно надежной защитной амуницией. Это предполагает комплексное оснащение, начиная от защитных очков, перчаток и респираторов и заканчивая разнообразием необходимых предметов для личной безопасности, активно способствующих их защите во время

критически важных рабочих этапов. При подборе снаряжения крайне существенно учитывать рекомендации и наставления, предоставляемые изготовителями топливных резервуаров, а также особенности использования и тип топлива, предназначенного для заполнения бака. Компания "ПК Венткомплекс", применяет множество методик для оценки стандартов ремонта топливных баков, тщательно анализируя каждую деталь, в том числе и свариваемые компоненты, реализуя тем самым высочайшие требования к качеству.

В процессе тщательной оценки возрожденного топливного бака, ключевую роль играет операция визуального осмотра, нацеленная на выявление минимальных недостатков, таких как незначительные царапины, мелкие сколы, начальные признаки коррозии и даже незначительное искажение положения деталей, которые могут указывать на недолговечность проведенного ремонта или на то, что процедура восстановления не была осуществлена в полном объеме. Визуальный метод оценивает, как аккуратно и бережно выполнена сварка деталей, оставляя незаметные следы вмешательства. С целью исключения любых возможных загрязнений, которые могут включать в себя пыль, грязь, остатки масла и различные другие резидуальные вещества, восстановленный бак подвергается исключительно основательной инспекции. Этот процесс не ограничивается исключительно визуальным осмотром, но также может включать применение высокоспециализированных инструментов, вроде аналитических лабораторных проб или аппаратуры, функционирующей на основе магнитных сил, дабы обеспечить безупречное и идеальное состояние топливного бака после его восстановления.

Для гарантии абсолютной герметичности и отсутствия дефектов в форме пор, компания "ПК Венткомплекс" осуществляет тщательное прессование топливных баков. Этот процесс обуславливает набивку бака жидкостью, часто водой или другими контрастными субстанциями, с последующим

воздействием на него специфического давления. Исключительно тщательная проверка на прочность и плотность материала топливного бака предполагает его способность выдерживать подобные испытания без каких-либо признаков утечек или пористости.

Чтобы добиться непревзойденного уровня качества в процессе восстановления топливных баков, "ПК Венткомплекс" неуклонно следует за высочайшими стандартами и строгими регламентами. Это включает в себя не только аккуратное соблюдение норм безопасности и гигиенических правил, но также и применение исключительно высококачественных материалов и оборудования во всех реализуемых процессах.

Вдобавок, компании необходимо не только уделять особое внимание поддержанию высокого уровня квалификации своих работников, активно участвующих в процедуре возврата в строй топливных емкостей, но и осуществлять активный контроль над этим процессом. Это требует внедрения систем регулярной аттестации, всестороннего профессионального развития и сертификации сотрудников, дабы неукоснительно подтверждать адекватность их умений желаемым критериям.

Более того, важно активно заниматься оценкой уровня удовлетворенности потребителей с помощью проведения опросов и анализа полученных откликов о качестве реставрации топливных баков. Такой подход позволит не только значительно усовершенствовать существующие процедуры, но и в значительной степени повысить доверие со стороны клиентов.

### **2.3 Выбор оборудования и приспособлений для осуществления технологического процесса**

Используя лазерную технологию сварки, которая отличается своей стремительностью и высокой эффективностью, возможно достичь

впечатляющих результатов при обработке нержавеющей стали, особенно когда дело доходит до производства разнообразных емкостей. Методика высоко ценится за применение волоконных лазеров, обеспечивающих несравненную точность и качество сварных соединений на изделиях из металла.

Нержавеющая сталь, благодаря своим выдающимся свойствам, продолжает оставаться незаменимым материалом во множестве сфер промышленного производства, что делает лазерную сварку идеальным выбором для ее обработки. В нашем обзоре основное внимание направлено на освещение применения лазерной сварки в создании стальных емкостей, выделяя ее ключевые преимущества.

В сфере производства, где качество и эффективность играют решающую роль, метод лазерной сварки зарекомендовал себя как весьма предпочтительный вариант. Благодаря его реализации, масса компаний, занимающихся выпуском разнообразных компонентов и посуды, отмечают не только скорость в рабочих процессах, но и заметное улучшение итогового продукта. В особенности, возможность формирования сложных и высокоточных сварных соединений, благодаря этой технологии, расширяет горизонты для инновационных инженерных решений.

В значительной степени, одной из наиболее привлекательных характеристик лазерной сварки является ее способность обеспечивать минимальную передачу тепла к окружающим свариваемым элементам. Это несомненно оберегает их от повреждений, обеспечивая таким образом высокую стойкость и надежность завершенной работы. Вследствие этих уникальных особенностей, лазерная сварка не просто ускоряет производственный процесс и повышает качество выпускаемой продукции, но и открывает новые возможности для создания продуктов с непревзойденными характеристиками.

В процессе лазерной сварки, уникально осуществляемом благодаря прогрессивному воздействию лазерного излучения, части для соединения испытывают впечатляющее преобразование. Изначально, значительная порция светового потока, испускаемого квантовым лазером, аккуратно отскакивает от поверхности, в то время как остальная его часть уверенно проникает вглубь, эффективно нагреваясь и превращаясь в жидкость для формирования непоколебимого сварного соединения. Этот великолепно сгенерированный луч, проходя через точно рассчитанную фокусирующую систему аппарата, трансформируется в сконцентрированный пучок удивительной мощности. С несравненной концентрацией энергии, превышающей альтернативные источники тепла в десятки раз (порядка  $10^6$  Вт/см<sup>2</sup>), этот процесс открывает возможности для сваривания объектов удивительной толщины – от нескольких микрометров до внушительных нескольких сантиметров, предоставляя непревзойденно прочное соединение материалов.

Осуществляя сопоставление методов сварки с лазерным подходом, включая такие распространённые способы как TIG и MIG, стоит заметить, что использование лазера значимо и эффективно облегчает и ускоряет процесс сварки, не влекущее за собой падения качества. Это невероятно подходит для инновационного производства, которое нацелено на достижение высокой производительности и приверженность новаторству.

В области применения, лазерная технология показывает выдающиеся результаты при работе с разнообразными материалами — от титана и его сплавов до алюминия, магния и различных видов стали. Одним из ярких преимуществ лазерного луча является его исключительная точность и узкая направленность, существенно отличающие его от обычного светового пучка. Благодаря монохроматичности и когерентности, лазер способен концентрировать необходимую тепловую энергию непосредственно в точку

нанесения, имеющую незначительный диаметр, что крайне эффективно для реализации точных сварочных работ.

В мире промышленной обработки материалов, CO<sub>2</sub> лазеры незаметно зарекомендовали себя как непревзойденные помощники, обладающие уникальной способностью эффективно сотрудничать с обширным диапазоном материалов. Их внедрение в процессы работы стало революционным, перевернувшим представления о возможностях сварки.

Совершенно особенно, лазерная сварка, оправдывая самые высокие ожидания, демонстрирует удивительные результаты за счет своих особых характеристик. Методика этого процесса выделяется невероятной тонкостью и деликатностью, позволяя создавать соединения, которые настолько же прочные, насколько и невидимые на глаз.

Превышая ожидания, аппаратура, задействованная в лазерной сварке, обеспечивает не только высочайшую простоту и комфорт в использовании, но и дарит непревзойденный уровень точности. Это, в свою очередь, значительно уменьшает риск деформации свариваемых элементов, воплощая в жизнь идеал сварного шва. Вдобавок, благодаря обширному выбору материалов, с которыми лазерная сварка может быть осуществлена, этот метод сварки безоговорочно занял лидирующие позиции среди существующих технологий.

Оснащенные лазерными модулями, энергетические параметры которых колеблются от 20 до 200 ватт, и волна их излучения улавливается на маркере в 10.6 микрон, данные системы замечательно демонстрируют свою непревзойденную деликатность в обработке множества неметаллических субстанций. В их числе выделяются такие материалы, как дерево, разнообразные пластики и даже обычный картон. Преимущественно, они зарекомендовали себя как весьма эффективные за счет сверхнизкого потребления энергии. Тем не менее, их выполняемая функциональность

кардинально углубляется при взаимодействии с металлическими областями, вроде алюминия, меди и стали, устойчивой к коррозии.

В моменты, когда необходима работа с металлами, лазеры на диоксиде углерода выходят на арену с существенно возросшими мощностными характеристиками, достигая порой впечатляющих нескольких киловатт. В таких ситуациях, они проявляют себя как истинные мастера сварочного искусства, реализуя процессы с непревзойденной эффективностью.

Обладая выдающейся способностью к длительному и ясному воздействию на множество поверхностей, эти лазеры блестяще реализуют функцию лазерной маркировки. Их применение простирается за пределы обработки материалов, находя активное использование в медицинской практике за счет проведения хирургических процедур и в офтальмологии, а также выполняя задачи беспрецедентной точности в измерении дистанций.

В сердцевине дизайна некоторых лазерных систем лежит особенностей использование газовой смеси, которая с невероятной быстротой, превосходящей даже скорость звука, перемещается по всему оборудованию. Этот инновационный подход не только обеспечивает скорейшее остывание газа, но и его мгновенное выведение из активной зоны в охлаждающую систему, повышая тем самым эффективность и долговечность устройства.

Внедрение инновационных методов в сфере лазерных технологий, в частности, использование CO<sub>2</sub>-лазеров с активной продольной прокачкой, заметно трансформировало подходы к повышению мощности этих устройств. Теперь они способны генерировать энергию от 1 до 3 кВт, что свидетельствует о значительном усилении их производительности и подчеркивает ключевую роль в развитии сектора. Эти достижения, воплощенные благодаря удалению старых ограничений, радикально повышают эффективность работы с лазерными системами.

Благодаря прогрессу, обусловленному этими технологическими прорывами, отмечается не только качественный скачок в мощности, но и в

расширении функционала лазеров (рисунок 2). Теперь они обеспечивают безупречную точность в обработке материалов, особенно актуальную в производстве сложных элементов, например, компонентов для топливных баков, где требуется высочайшая точность сборки и исключительное качество сварных швов. Эта новаторская технология находит широкое применение в создании и использовании лазерных систем, обеспечивая революционные возможности в области сварки деталей и разработки высокоточных компонентов.

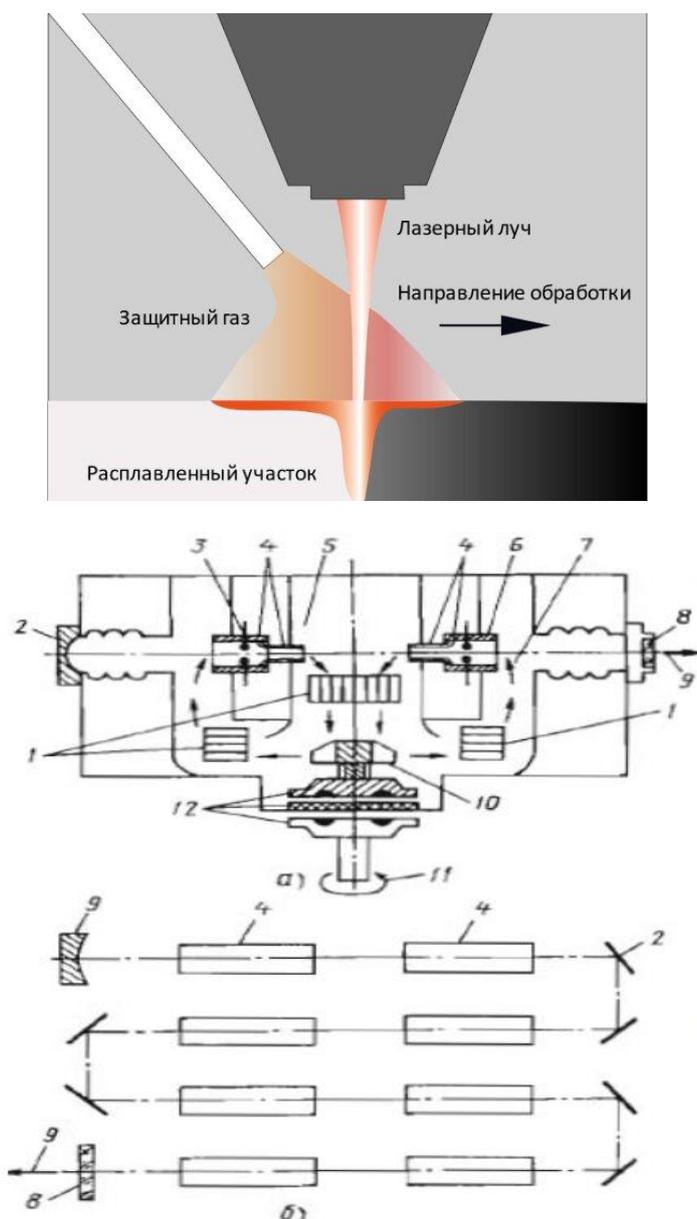


Рисунок - 2 Схема лазера с быстрой продольной прокачкой, используемая в лазерной технологической установке для сварки «Лагус-31»:

а - газоразрядная и технологические схемы; б - оптическая схема; 1 - теплообменники; 2 - зеркала оптического резонатора; 3 - аноды; 4 - кварцевая часть газоразрядной трубки; 5 - катоды (заземленный корпус); 6 - керамическая часть газоразрядной трубки; 7 - направление газового потока; 8 - выводное окно; 9 - выходящий пучок лазерного излучения; 10- вентилятор; 11 - привод вентилятора; 12 - магнитная муфта

Эти устройства демонстрируют высокую эффективность в различных процессах обработки и термической обработки материалов, включая лазерную сварку металлов толщиной до нескольких миллиметров.

Сваривать лазерным лучом можно детали разных габаритов, но наибольшее применение технология получила при работах с материалами небольшой и средней толщины: 5-10 мм. Область использования данного вида сварки:

соединение деталей, форма и размеры которых не должны существенно меняться в процессе;

изготовление крупный конструкций невысокой жесткости при наличии швов в труднодоступных местах;

при работах с трудносвариваемыми элементами, разнородными материалами; соединение тонких пластин, пленок, проводов и других легко деформирующихся деталей;

в работах с материалами, хорошо проводящими тепло.

Наибольшее распространение технология сварки лазером получила при производстве электронных изделий, в радиоэлектронике, приборостроении, машиностроении, часовом приборостроении, медицине, механике и пр.

Увеличение скорости прокачки в этих системах приводит к росту числа активных центров, что, в свою очередь, увеличивает ток  $I_p$  и, как следствие, мощность излучения  $W_l$ , пропорциональную  $I_p$ .

Благодаря своим характеристикам, такие лазеры могут достигать параметров мощности порядка 1 кВт на метр и выше. Важной особенностью работы этих лазеров является их способность функционировать в автономном режиме за счет охлаждения газа за пределами резонатора и

генерации в присутствии катализатора, что расширяет их применение в научных и промышленных сферах [3].

В области лазерных технологий, разработка и применение многолучевых непрерывных газоразрядных CO<sub>2</sub>-лазеров, таких как "ИГЛАН-3", открывают новые возможности для точной обработки материалов. Эти устройства, способные генерировать квантовое излучение, находят своё применение в различных секторах электронной промышленности, включая задачи точной сварки керамических пластин и подгонки резисторов.

Особенно ценятся их способности при сваривании тонких металлических элементов толщиной менее одного миллиметра, благодаря преимуществам лазерной сварки, обеспечивающей высокую точность и надежность соединений.

Ключевым элементом в конструкции таких лазеров является охлаждаемая лазерная трубка, через которую медленно прокачивается газовая смесь. Это позволяет эффективно удалять продукты диссоциации, такие как CO, и отводить избыточное тепло через стенки резонатора, тем самым улучшая стабильность работы лазера. Однако, стоит отметить, что эффективность таких лазерных систем напрямую зависит от геометрических параметров резонатора, в частности, от его длины. Именно длина резонаторной трубки оказывает прямое влияние на выходную мощность лазера, обозначая этот параметр как основное ограничение при разработке и эксплуатации.

Таким образом, в разработке и применении лазерных систем, включая те, которые используются в технологии сварки топливных баков, важно учитывать сложное соотношение между геометрическими характеристиками резонатора и эффективностью генерации лазерного излучения. Это требует глубокого понимания физических процессов, происходящих в лазерных системах, и их оптимизации для достижения максимальной

производительности и эффективности в конкретных применениях.  
 Принципиальная схема лазера «Иглан-3» показана на рисунке 3.

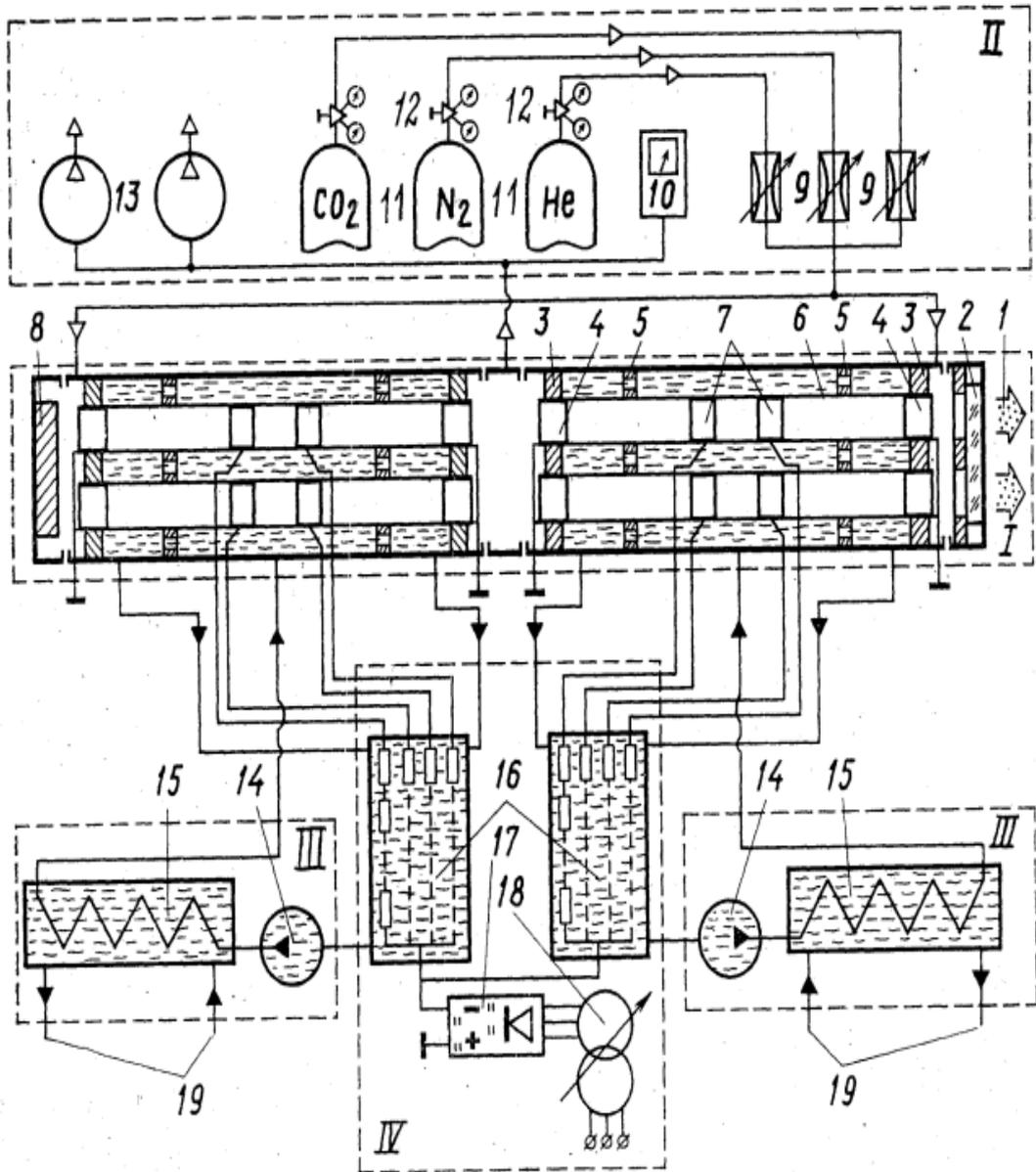


Рисунок - 3 Принципиальная схема лазера «Иглан-3»:

1 — лазерные лучи; 2 — охлаждаемое, выходное зеркало; 3 — сепаратор уплотнитель; 4 — анод; 5 — сепаратор; 6 — разрядная трубка; 7 — катод; 8 — охлаждаемое глухое зеркало; 9 — натекатели; 10 — вакуумметр ВДГ-1; 11 — баллон с рабочим газом; 12 — редукторы; 13 — вакуумный насос; 14 — маслонасос; 15 — теплообменник; 16 — бак с балластными сопротивлениями; 17 — выпрямитель; 18 — регулируемый высоковольтный трансформатор; 19 — подача и слив охлаждающей воды

В процессе детального углубления в улучшение лазерных механизмов, обладающих функцией замедленного продольного перемещения газа, было выявлено, что значительное усиление мощности достижимо через инновационные методы модификации движения газообразного рабочего элемента.

Реализуемое перемещение рабочего вещества в направлении, перпендикулярном току разряда, существенно совершенствует процесс охлаждения, что критически важно для обхода имеющихся лимитов по мощности.

Подробно рассмотренные исследования выявляют, что при применении такого нестандартного подхода возможно достигнуть чрезвычайного увеличения мощности разряда до нескольких киловатт на метр, предполагая, что общее давление в системе поддерживается на уровне примерно 100 мм ртутного столба. Это условие давления значительно превосходит те параметры, которые присущи системам с традиционным продольным направлением движения воздуха или газа, обеспечивая тем самым новые горизонты в повышении эффективности и мощности лазерных систем благодаря пересмотренному методу прокачки.

В современной металлообработке, особенно когда дело касается изготовления топливных баков, актуальность использования лазеров с углекислым газом (CO<sub>2</sub>), мощностью от одного до двадцати киловатт, просто не поддаётся оценке. Это обусловлено их способностью осуществлять сварку с невероятной точностью и мощностью, что напрямую способствует повышению качества и надёжности сварных соединений.

В свете этих фактов, традиционные методы сварки, рассчитанные на использование продольного разряда и ранее применённые в лазерных технологиях, постепенно уступают место новым подходам. Их неэффективность и потребность в тщательной переработке или замене становятся все более очевидными.

Реализация лазерной сварки, особенно в контексте работы с критически важными компонентами, такими как топливные баки, требует прецизионных методик. Именно поэтому данные, получаемые с использованием мощных СО<sub>2</sub> лазеров, играют ключевую роль. Они позволяют не только улучшать существующие процессы сварки, но и проводить необходимые доработки с целью увеличения точности и мощности лазера, что непременно ведёт к повышению качества и долговечности сварных соединений.

Эти устройства невероятно востребованы для выполнения множества заданий, среди которых выделяются не только мастерски выполненная сварка металлических изделий, но и мероприятия, целью которых является повышение прочности и улучшение характеристик металлических поверхностей, в том числе через процессы термической обработки и добавления легирующих элементов.

В частности, эти технологические решения находят свое идеальное применение в производственных процессах, связанных с изготовлением топливных резервуаров, где использование лазерной техники для сваривания деталей обеспечивает непревзойденную точность сцепления, играющую критически важную роль в гарантии их непроницаемости и способности противостоять испытанию временем [5].

Технологический лазер ТЛ-3 показан на рисунке 4.



Рисунок - 4 Технологический лазер ТЛ-3

В рассмотрении технологий лазерной сварки, чей вклад становится все более заметным в рамках современной промышленности, акцентируется внимание на инновационных подходах к улучшению структуры лазерных систем. В числе прогрессивных решений выделяется оснащение газоразрядных камер, где анод представлен множеством сегментов, а катод имеет трубчатую структуру.

Отдельно стоит упомянуть, что повышенная производительность перемещения газов достигается благодаря применению диаметрально расположенного вентилятора, выполняющего функцию эффективного перекачивающего механизма.

В ходе тщательных исследований было выяснено, что уникально спроектированная структура оптического резонатора, выделяющаяся своей устойчивостью в горизонтальной плоскости потоков газов, но демонстрирующая некоторую нестабильность в вертикальной плоскости, несомненно играет важную роль в производстве лазерного луча

исключительного качества. Данный резонатор обладает способностью вырабатывать лазерное излучение, которое отличается не только превосходным качеством с показателем M2 на уровне 1.5, но и впечатляющей мощностью, достигающей отметки в 3 кВт. Это ключевое преимущество конструкции позволяет значительно повысить эффективность лазерной сварки, особенно когда речь идет о работе с топливными баками, где требуется выдающаяся точность и исключительное качество сварных соединений.

Чтобы значительно усилить лазерную мощность, превышая возможности обычных традиционных TE CO<sub>2</sub>-лазеров, применяется инновационная техника. Она включает в себя активное наложение импульсного напряжения на электроды, эффективно сочетая это с увеличением давления в рабочем газе.

Эффективно реализуемый импульс длится всего около  $10^{-6}$  секунд, оказывая огромное влияние на повышение производительности лазера и его эффективности, особенно в сфере промышленного применения.

В амбициозных научных исследованиях акцент делается на разработку стратегий, активно предотвращающих появление дуговых разрядов во время лазерной сварки деталей, включая критически важные процессы производства топливных баков. Эти передовые подходы не только способствуют повышению качества сварки, но и обеспечивают более высокую безопасность и надежность производственных процессов.

Стабилизированная рабочая среда эффективно достигается благодаря критически значимой предыонизации, которая надежно гарантирует настройку необходимых параметров среды задолго до того, как будет запущен основной стимулирующий импульс системы. Это осуществляется путем аккуратного регулирования давления до значений, схожих или равных атмосферному, что является ключевым моментом для снижения опасности нестабильности.

Такой подход имеет критическое значение, учитывая, что энергетическая эффективность, оцениваемая в 10-50 Дж/л, доступная из каждого литра объема в этих системах, высока. Устройства такого рода, к которым относятся ТЕА-лазеры, обладают выдающейся мощностью и находят широкое применение в операциях быстрой обработки материалов, включая, но не ограничиваясь, точной и эффективной сваркой деталей.

Например, их использование широко распространено в областях, где необходимо оказать сильное, мгновенное влияние на материал, включая процессы, такие как лазерное обозначение и соединение металлов с помощью сварки.

Подобные техники выделяются своей способностью осуществлять глубокое и чрезвычайно аккуратное воздействие на материал благодаря мощному и точно регулируемому энергетическому воздействию [3].

В процессе интенсивного производства на линии Han's Laser, сверхмощные лазерные маркирующие аппараты впечатляют своими превосходными характеристиками.

С невероятно расширенной рабочей областью, эти устройства, в синергии с прогрессивной сканаторной системой, позволяют достигать беспрецедентной скорости в обработке тканей.

Благодаря тщательно продуманной и эффективно реализуемой системе отвода, оснащенной трубами внушительного диаметра и идеально размещенной в ключевой зоне работы, успешно осуществляется удаление возникающих во время процесса продуктов сгорания, обеспечивая чистоту и безопасность процесса.

В области использования отличается разнообразием: охватывает множество различных неметаллических компонентов и находит свое активное применение в текстильной отрасли [6].

Технические данные лазерного маркера CO<sub>2</sub>-T500/T300 показаны на рисунке 5.

## Технические данные

Длина волны излучения, мкм	10.6мкм
Выходная мощность, Вт	500/300
Площадь маркировки, мм	600х600
Охлаждение	Водяное
Габариты (ДхШхВ, мм)	Опт. система: 2115х730х1400 С-ма управл.: 1020х570х960 С- ма охлад.: 800х555х1028
Вес (кг)	Опт. система:350 С-ма управления: 172 С-ма охлаждения: 105

Рисунок - 5 Технические данные лазерного маркера CO<sub>2</sub>-  
T500/T300

В сфере промышленного производства на длительный срок, лазеры на углекислотной основе от TRUMPF, известные под названием TruFlow, проявили себя как эффективные средства для всесторонней обработки множества материалов, воплощая в себе невероятно широкое применение. Они успешно осуществляют разнообразные операции, от сварки до модифицирования поверхностей, адаптируясь к объектам как плоским, так и объемным.

Среди линейки выделяется TruFlow 7000, работающий на основе CO<sub>2</sub> и превосходно адаптирующийся к различным задачам благодаря своим параметрам мощности от 2 до 20 кВт и длине волны 10,6 мкм. Это позволяет с удивительной гибкостью подходить к выбору обрабатываемых материалов, которые охватывают не только всевозможные металлы, но и органические соединения, композиты, а также стекло, расширяя горизонты их использования.

С легкостью и высокой точностью, осуществляемые с помощью лазерных систем TruFlow, эти углекислотные лазеры становятся неотъемлемым инструментом в арсенале промышленного производства. Обладая способностью к многообразию выполнения задач, включая сложные операции лазерной сварки, они идеально подходят для мастерства создания топливных баков с непревзойденной точностью.

С уникальным излучением, присущим этим аппаратам, их применение распространяется далеко за пределы обыденных процессов, охватывая как двухмерные, так и трехмерные сварочные процедуры, а также операции лазерной вырубки с превосходной эффективностью.

Не только они призваны облегчить процесс создания топливных баков, но и позволяют расширять границы качества и точности соединения материалов. Это делает технологию лазерной сварки, реализуемую с их помощью, крайне привлекательной для инновационных проектов в промышленном производстве.

Каждая операция, выполняемая этими мощными лазерами, подчеркивает их универсальность и незаменимость в современных производственных процессах [7].

Технические данные лазера TruFlow 7000 представлены на рисунке 6.

<b>ПАРАМЕТРЫ ЛАЗЕРА</b>	
ТИП. СТАБИЛЬНОСТЬ МОЩНОСТИ ПРИ НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ	± 2 %
НЕПРЕРЫВНО РЕГУЛИРУЕМЫЙ ДИАПАЗОН МОЩНОСТИ	350 Вт - 7000 Вт
КАЧЕСТВО ИЗЛУЧЕНИЯ (СТАНДАРТНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ) (К/М <sup>2</sup> )	0,55 / 1,82
ДЛИНА ВОЛНЫ	10,6 мкм
НАСТРАИВАЕМАЯ ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ИМПУЛЬСА	10 мкс ... непрерывное излучение
<b>КОНСТРУКЦИЯ</b>	
РАЗМЕРЫ ГЕНЕРАТОРА ИЗЛУЧЕНИЯ (Ш X В X Г)	1185 мм x 615 мм x 1150 мм
РАЗМЕРЫ ГЕНЕРАТОРА ВЧ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ (Ш X В X Г)	2000 мм x 2100 мм x 800 мм
<b>УСТАНОВКА</b>	
ТЕМПЕРАТУРА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, СТАНДАРТНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ	5 °С - 35 °С

Рисунок - 6 Технические данные лазера TruFlow 7000

## 2.4 Проектный технологический процесс ремонта топливных баков

В ходе глубокого и всестороннего исследования, предпринятого для детального изучения и разбора свойств процесса обрабатывания материалов с использованием лазера, был выделен высокий приоритет для оборудования, обладающего функциональностью реализации лазерной сварки.

Активно и целенаправленно применялось инновационное устройство TruLaser Cell 7040, комплектовавшееся мощным CO<sub>2</sub>-лазером TruFlow 7000, действующим за счёт стабильного газового разряда, что способствовало непрерывной, безпрерывной работе.

Выбор пал на это оборудование благодаря его беспрецедентной точности и высшему качеству сварных соединений, что становится безусловно критичным для задач, связанных с топливными баками, где каждый аспект безопасности и безупречности соединения подвергается самым строгим критериям (таблица 3, 4).

Таблица 3 – Характеристики лазерной установки

Мощность $P_0$ , Вт	6000
Минимальный размер пятна в зоне обработки $d_0$ , мм	0,1
Длина волны излучения, нм	1060
Максимальная скорость лазера при сварке $v_{ск}$ , м/мин	10

В качестве материала изучения используем алюминий (Al). Толщина алюминиевой пластины  $h = 6$  мм.

Таблица 4 – Характеристики выбранного материала

$R_{отр}$	$T_{пл}, оС$	$T_{кип}, оС$	$\lambda_T, \frac{Вт}{см \cdot оС}$	$\rho, \frac{г}{см^3}$	$a, \frac{см^2}{с}$	$c, \frac{Дж}{г \cdot оС}$
0,85	1450	2720	0,9	8,9	0,23	0,44

где  $\lambda_T$  – коэффициент теплопроводности;

$R_{отр}$  – коэффициент отражения материала для длины волны излучения данного лазера (поглощательная способность  $A = (1 - R_{отр})$ );

$T_{пл}$  – температура плавления;

$T_{\text{кип}}$  – температура кипения;

$\rho$  – плотность;

$a$  – температуропроводность.

Плотность мощности лазерного излучения рассчитывается по формуле:

$$E_0 = \frac{P_0}{S_0} = \frac{4 \cdot P_0}{\pi \cdot d_0^2} = \frac{6000}{\pi \cdot (0,01)^2} = 76396625,82 \text{ Вт/см}^2;$$

Температура на поверхности в центре пятна при стационарном режиме нагревания рассчитывается по следующей формуле:

$$T_0 = \frac{E_0 \cdot (1 - R_{\text{отр}}) \cdot r_0}{\lambda_T} + T_{\text{н}}, \quad (1)$$

где  $R_{\text{отр}}$  – коэффициент отражения

$T_{\text{н}}$  – начальная температура ( $T_{\text{н}} = 20 \text{ оС}$ );

$\lambda_T$  – теплопроводность,  $\text{Вт}/(\text{см} \cdot \text{оС})$ ;

$r_0$  – радиус пятна, см;

$E_0$  – плотность мощности,  $\text{Вт}/\text{см}^2$ .

$$T_0 = \frac{76396625,82 \cdot (1 - 0,85) \cdot 0,005}{0,9} + 20 = 63683 > T_{\text{пл}} = 1450, \text{ оС} \quad (2)$$

Определим достаточную плотность мощности лазера для расплавления алюминия на поверхности в центре пятна, то есть при которой  $T_0 = T_{\text{пл}}$ :

$$E_0 = \frac{(T_{\text{пл}} - T_0) \cdot \lambda_T}{(1 - R_{\text{отр}}) \cdot r_0} = \frac{(1450 - 20) \cdot 0,9}{(1 - 0,85) \cdot 0,005} = 171600 \text{ Вт/см}^2; \quad (3)$$

Тогда достаточная мощность равна:

$$P_0 = \frac{E_0 \cdot \pi \cdot d_0^2}{4} = \frac{171600 \cdot \pi \cdot 0,01^2}{4} = 134,7 \text{ Вт}. \quad (4)$$

Температура нагрева алюминиевой пластины рассчитывается по следующей формуле:

$$T = \frac{E_0 \cdot r_0^2 \cdot (1 - R_{отр})}{2 \cdot \lambda_T \cdot h} \cdot \ln \ln \frac{2,25 \cdot a}{r_0 \cdot v_{ск}} + T_H, \text{ где } h - \text{толщина пластины.} \quad (5)$$

$$T = \frac{76396625,82 \cdot 0,005^2 \cdot (1 - 0,85)}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,6} \cdot \ln \ln \frac{2,25 \cdot 0,23}{0,005 \cdot 10} + 20 = 639,92 \text{ оС} \quad (6)$$

$T > T_{исп} \Rightarrow$  при такой мощности лазер не сможет сварить пластину алюминия толщиной 6 мм.

При используемом значении мощности и скорости высота пластины, которую может сварить лазер будет равна:

$$h = \frac{E_0 \cdot r_0^2 \cdot (1 - R_{отр})}{2 \cdot \lambda_T \cdot (T - T_H)} \cdot \ln \ln \frac{2,25 \cdot a}{r_0 \cdot v_{ск}} \quad (7)$$

$$h = \frac{76396625,82 \cdot 0,005^2 \cdot (1 - 0,85)}{2 \cdot 0,9 \cdot (2720 - 20)} \cdot \ln \ln \frac{2,25 \cdot 0,23}{0,005 \cdot 10} = 0,137 \text{ см} \\ = 1,37 \text{ мм.}$$

Выбираем поглощающее покрытие ФС-1М (алюмохромфосфат) в качестве тонкой пленки, у которого коэффициент поглощения  $A=0,9$ .

$$T = \frac{E_0 \cdot r_0^2 \cdot A_{покр}}{2 \cdot \lambda_T \cdot h} \cdot \ln \ln \frac{2,25 \cdot a}{r_0 \cdot v_{ск}} + T_H; \quad (8)$$

$$T = \frac{76396625,82 \cdot 0,005^2 \cdot 0,9}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,6} \cdot \ln \ln \frac{2,25 \cdot 0,23}{0,005 \cdot 10} + 20 = 3739,53 \text{ оС}$$

В этом контексте, эффективно применяемый лазер способен соединять части в единое целое на необходимую высоту пластины, что демонстрируется при данных параметрах:

$$h = \frac{E_0 \cdot r_0^2 \cdot A_{\text{покр}}}{2 \cdot \lambda_T \cdot (T - T_H)} \cdot \ln \ln \frac{2,25 \cdot a}{r_0 \cdot v_{\text{ск}}} \quad (9)$$

$$h = \frac{38198312,91 \cdot 0,05^2 \cdot 0,9}{2 \cdot 2,21 \cdot (2520 - 20)} \cdot \ln \ln \frac{2,25 \cdot 0,7}{0,05 \cdot 1,5} = 0,826 \text{ см} = 8,26 \text{ мм.}$$

При заданных условиях, когда температура превышает уровень испарения, становится возможным, благодаря высоким показателям абсорбционной способности использованного материала, мощности и динамичности лазерной обработки, осуществлять сварку алюминиевых деталей с покрытием, имеющим высокую степень поглощения.

### **3. Оценка безопасности и экологичности предлагаемых решений**

При активном использовании лазерных установок для сварки, наличие строго соблюдаемых мероприятий, направленных на обеспечение безопасности, оказывается не просто важным, а существенно критическим для здоровья пользователей. В самом центре безупречного и безопасного процесса работы лежит тщательное и постоянно реализуемое очищение рабочего пространства от опасных выделений и дыма, возникающего в процессе сваривания деталей, что эффективно достигается благодаря системам высококачественной вентиляции.

Ключевую роль в обеспечении чистоты и безопасности рабочей зоны играет оснащение её продвинутыми вытяжными системами и предоставление рабочим индивидуальных защитных средств, в числе которых находятся респираторы. Эти меры направлены на существенное снижение угрозы воздействия вредных элементов на организм, обеспечивая создание условий для безопасной и продуктивной работы.

Важно непрерывно следить за соблюдением строгих правил и мер предосторожности во время осмотра топливной системы в ангарных условиях. Ключевая норма ГОСТ 12.1.019 - 79, касающаяся «Электробезопасности. Общих требований и классификации защитных механизмов», указывает на неотложную необходимость изоляции всех доступных частей электрического оборудования, способных проводить ток, для избежания риска возгорания от искр.

Также важно убедиться, что запускающая аппаратура, включая выключатели, рубильники и различные устройства, специально адаптирована для безопасной работы в условиях повышенной взрывоопасности. В дополнение к этому, необходимо обеспечить заземление всего электрического оборудования, включая стенды и кессоны, и при любых

операциях активно применять инструментарий с элементами, покрытыми медью, для дополнительной защиты.

Очень важно, чтобы в процессе осуществления лазерной сварки, осуществлялась качественная и адекватная подсветка рабочего пространства. Это критично для минимизации возможностей повреждения зрения операторов, т.к. интенсивный лазерный свет способен навредить. Для обеспечения того, чтобы операторы могли безопасно работать и при этом точно контролировать процесс, необходимо, чтобы они в любой момент времени имели возможность четко видеть, что именно происходит.

Обеспечение безопасности не ограничивается только хорошим освещением. Крайне важно также использовать защитные приспособления, наподобие масок или очков, которые могут снизить риск травмирования глаз. Это становится жизненно необходимым в ряде случаев, особенно при работе с высокой интенсивностью лазерного света.

Не стоит также пренебрегать важностью внедрения и использования автоматизированных функций в лазерном сварочном оборудовании. Такие функции значительно повышают уровень безопасности, уменьшая непосредственное воздействие на оператора и давая лучший контроль над процессом, что, в свою очередь, дополнительно содействует предотвращению возможного вреда.

Очень важно акцентировать внимание на том, что для гарантирования безопасности при использовании сварочного оборудования с использованием лазерных технологий, необходимо строгое придерживание к ряду важных правил. Основная цель этих правил - избежание несчастных случаев и создание условий для безопасной работы. Вот основные моменты, на которые крайне важно обратить внимание:

- Необходимо внимательно следить за тем, чтобы между оператором и аппаратурой во время её активации было достаточно места, дабы минимизировать любые опасности.

- Важно обеспечить защиту рук и остерегаться случайного попадания одежды или иных предметов в рабочую зону лазера, что предотвратит нежелательный контакт.

Таким образом, соблюдение этих критически важных мер обеспечит высокий уровень безопасности во время осуществления работ по сварке деталей с применением современных лазерных технологий.

Для гарантирования безопасности в процессе использования лазерного сварочного аппарата, внедрение множества мер представляется абсолютно критичным. Изучение и понимание функций, а также возможностей, которые предлагает лазерная техника, является неотъемлемо важным шагом, который необходимо реализовать до начала любых действий сварки. Такая необходимость продиктована не только стремлением к повышению производительности процессов, но и обеспечению надежной защиты работающего персонала. Особо стоит подчеркнуть, что использование ручных методов управления значительно увеличивает вероятность возникновения травматических ситуаций, следовательно, аспекты безопасности обязаны занимать центральное место в процедурах подготовки и реализации работ.

В контексте обеспечения безупречного уровня безопасности важно акцентировать внимание на следующих составляющих оборудования и процедур:

Освоение тонкостей и многообразия функций лазерных систем до их активного применения представляет собой неотъемлемую часть работы. Важно акцентировать внимание на том, что дотошное соблюдение установленных требований безопасности становится залогом надежной защиты от возможных увечий. При этом, особое значение приобретает умение аккуратно и мудро манипулировать устройствами, управляемыми вручную, что подразумевает не только осведомленность о предстоящих угрозах, но и активные действия по их сведению к минимуму.

Остроумное осознание опасностей, исходящих от инфракрасного излучения, которое является побочным эффектом включения сварочного оборудования, играет ключевую роль. Такое излучение, проявляющееся в виде впечатляющего светового эффекта, чьи цветовые вариации плавно перетекают от желтого к красному, требует особого внимания и понимания.

Именно стремление к осуществлению указанных безопасных практик и детальное овладение знаниями о лазерных технологиях способствуют не просто обеспечению безопасности для оператора, но и значительному повышению производительности процесса сварки. Эта связка мероприятий по обеспечению безопасности и пониманию механизмов работы лазерного оборудования является фундаментальной для успешной и безопасной работы в этой сфере.

В процессе реализации методики лазерной сварки, считающейся одним из наиболее передовых способов гарантирования безопасности, осуществляется создание ионизированной плазмы при помощи ультрафиолетового света. Ключевым аспектом данного процесса является его скрытое, для человеческого глаза незаметное свечение, оказывающее, тем не менее, существенное влияние на органы зрения. Понимание многослойности и потенциальных рисков такого воздействия играет критическую роль и не должно пренебрегаться.

Ультрафиолетовое излучение, генерируемое в ходе осуществления лазерной сварки, влияет на зрительные органы гораздо более интенсивным образом, по сравнению с продолжительным нахождением за компьютером, вызывая значительное воздействие, которое идентично, но в разы усиленное.

Осуществление лазерной сварки требует крайне аккуратного соблюдения рекомендованных мер предосторожности, благодаря чему становится возможным заметное снижение риска получения травм и неблагоприятного влияния на здоровье человека. Важность этого акцента критична не только для непосредственного исполнителя работ, сварщика, но

и для тех, кто находится в окрестностях. Особенно тщательно следует контролировать процессы, протекающие при высоких температурах, ведь они могут стать причиной ожогов, когда есть прямой контакт с нагретыми элементами, или же в случаях, когда проводятся работы в непосредственной близости к месту действия лазера. Разогретые части могут быть источниками опасности, выделяя излучение на протяжении диаметра до метра от точки их расположения, что делает особенно актуальным адекватное внимание к применению правил безопасности.

Акцент на необходимости адекватной защиты при выполнении сварочных работ усиливается рядом критически важных факторов. Основной из них является подверженность деталей экстремально высоким температурам, что приводит к их резкому нагреванию до состояния, опасно приближающегося к температуре плавления. Такие условия несут в себе высокий риск получения ожогов при случайном контакте. К тому же, немаловажным является и защита зрения работника. Игнорирование использования специализированных средств может стать причиной перенапряжения глаз и даже нарушения функций сетчатки, что, как следствие, серьезно влияет на способность человека отличать цвета.

В связи с этим, для поддержания здоровья и обеспечения безопасности персонала, настоятельно рекомендуется прибегать к использованию качественных средств защиты как для глаз, так и для тела при осуществлении лазерной сварки. Такой подход крайне важен для предотвращения возможных рисков и обеспечения сохранения эффективности работы в течение длительного времени.

В ходе осуществления процедур лазерной сварки металлов, мы сталкиваемся с множеством потенциальных опасностей, которые могут привести к серьезным, нежеланным эффектам. При этом, особо следует акцентировать внимание на двух критически важных аспектах:

Первоначально, из-за интенсивной реакции высокотемпературного лазерного луча с металлической поверхностью, наблюдается эффект разлетающихся во все стороны раскаленных частиц металла. Эти жаркие частицы, мчащиеся с невероятной скоростью, вполне способны вызвать не только возгорание, но и серьезные повреждения, достигнув кожи или одежды человека.

Вторым по счету, но не менее значимым фактором риска является формирование токсичного газового облака в пространстве сваривания. Это густое облако, насыщенное металлическими парами, различными газами и флюсами, может показаться безвредным на первый взгляд. Однако, при определенных обстоятельствах, оно способно вызвать огромный спектр здоровьесберегающих проблем: начиная с легких раздражений слизистых оболочек и заканчивая серьезными отравлениями, потерей сознания и даже галлюцинациями.

Таким образом, в процессе реализации лазерной сварки частей металла, крайне важно осознавать и принимать во внимание эти высокорискованные моменты, чтобы предотвратить любые возможные негативные последствия.

Для гарантирования защиты и минимизации риска ущерба как для человека, управляющего оборудованием, так и для окружающего его пространства при осуществлении работ, связанных с лазерной сваркой, крайне важно неукоснительно придерживаться утвержденных стандартов и директив. Учитывая, что деятельность, связанная с лазерной сваркой, относится к числу рискованных видов работ, особое внимание следует уделить качественной подготовке места проведения работ и строгому соблюдению норм безопасности.

Чтобы исключить риск возникновения нежелательных последствий и обеспечить абсолютную безопасность в процессе выполнения лазерной сварки, необходимо активно пресекать и предупреждать любые потенциально опасные ситуации. Вот основные моменты, которые

способствуют безопасному проведению сварочных работ с использованием лазерных технологий, требующие пристального и тщательного внимания.

Чтобы гарантировать безопасность при выполнении сварочных работ, крайне необходимо осуществить тщательную подготовку места работы, учитывая все установленные стандарты безопасности. Особое внимание следует уделить детальному соблюдению инструкций пожарной безопасности, выделенных в документе 12.1.004-91, что представляется крайне важным. Ответственное отношение к применению правил и их неукоснительное выполнение необходимо для предотвращения возможных рисков, которые могут негативно сказаться на здоровье работников и благополучии окружающей среды.

В контексте лазерной сварки деталей, актуализируется потребность в строгом следовании протоколам техники безопасности, что позволяет существенно снизить вероятность возникновения случайных происшествий и обеспечивает высокий уровень защиты для всех участников процесса. Помимо этого, правильная эксплуатация электрического оборудования, с учетом всех рекомендаций и стандартов, является ключевым фактором обеспечения его долговечной и надежной работы, что делает строгое придерживание к правилам безопасности абсолютно обязательным аспектом в процессе реализации сварочных операций. Для обеспечения абсолютной безопасности необходимо уделить пристальное внимание к нескольким ключевым моментам, которые крайне важны:

1. Необходима строгая настройка электросети и систем вентиляции в точном соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.003-86, чтобы гарантировать их безупречную работу.

2. Обязательно следить за тем, чтобы уровень освещенности на рабочих станциях соответствовал установленным стандартам, согласно указанному выше ГОСТ, тем самым предотвращая риск производственных травм.

3. При взаимодействии с газами и прочим оборудованием крайне важно использовать специальную защитную одежду, тем самым минимизируя потенциальную угрозу для здоровья.

Соблюдение стандартов СНиП 3.05.06-85 при использовании электротехнических устройств подчеркивает критическую важность всестороннего подхода к вопросам безопасности. Это подразумевает не только строгое придерживание технических требований и нормированных показателей вентиляции, но и безусловное применение средств индивидуальной защиты. Следовательно, тщательное соблюдение вышеуказанных требований и регламентов обеспечит безопасное и продуктивное взаимодействие с электрооборудованием.

При выполнении задач, требующих непосредственного контакта с горячими условиями, например, при реализации технологии лазерной сварки, необходимо уделять особое внимание выбору рабочей одежды. Эта одежда должна не только создавать условия для максимального удобства и комфортного самочувствия работника, но и предоставлять надежный барьер против различных опасностей. Чтобы эффективно обезопасить работника, рекомендуется обратить внимание на целый ряд критически важных особенностей одежды, включая но не ограничиваясь:

- Строгое соответствие зарегистрированному стандарту Р ИСО 14175-2010, предполагающее включение определенных защитных элементов в структуру одежды.

- Высокую степень адаптации к эксплуатации в условиях экстремальных температур.

- Надежные гарантии предоставления защиты от разнообразных внешних воздействий.

Данные меры предосторожности крайне важны для снижения вероятности вредного воздействия на здоровье при осуществлении лазерной сварки. В дополнение к перечисленному, немаловажно применять и

дополнительные средства защиты, обеспечивающие дополнительный слой безопасности, чтобы обеспечить наилучшую защиту в процессе работы.

Для гарантирования безопасности во время выполнения процедур лазерной сварки, несомненно, требуется принятие всесторонних предохранительных мер. Чрезвычайно важным аспектом является тщательный подбор специализированной одежды и разнообразных защитных аксессуаров. В этом контексте, активно рекомендуется:

- Активное использование защитных перчаток или краг, исполняющих функцию надежного барьера для рук и предплечий, защищая их от нежелательного контакта с обжигающими поверхностями.

- Всегда следует надевать защитный головной убор, который служит надежной преградой от механических повреждений и неприятных ожогов, оберегая голову.

Следует подчеркнуть, что в основе обеспечения безопасной работы в рамках лазерной сварки лежит комплексный подход, предполагающий не только выбор подходящей одежды, но и применение специализированных защитных средств. Среди рекомендуемых мероприятий выделяется применение защитных масок с особо усиленным стеклом, адаптированных для эффективного фильтрования излучения на длине волны в 1067 нм, что несомненно минимизирует риск возможного вреда для глаз от излучения.

При выполнении лазерной сварки деталей, крайне важно внимательно относиться к защите органов дыхания, поскольку дымы и испарения могут представлять потенциальную угрозу. В зависимости от того, насколько продолжительно профессионалы подвергаются воздействию этих вредоносных паров, выбираются разнообразные стратегии обеспечения безопасности:

- При случайном и краткосрочном контакте с опасными выбросами, рекомендуется прибегать к использованию одноразовых средств защиты, таких как респираторы или маски, обладающие формой "лепесток".

- Для обеспечения максимальной защиты во время длительных операций сварки, необходимостью является применение сложных систем, подающих очищенную дыхательную смесь, что гарантирует безопасность дыхательных путей.

Осознание и строгое придерживание этих мер безопасности оказывается решающим фактором в исключении здоровьесберегающих рисков во время сварочных работ, осуществляемых с использованием лазера.

В процессе реализации лазерной сварки задача обеспечения безопасности является первоочередной. Для этого необходимо внимательно и с особым вниманием подходить к организации рабочего пространства и тщательному планированию всех этапов процесса. Осуществляемые меры включают в себя несколько ключевых аспектов:

1. Тщательно и детально организованное рабочее пространство является залогом безопасности. Все излишние элементы, в том числе вещества, склонные к взрыву и возгоранию, как и предметы из металла, стекла или пластика, должны быть надежно удалены. Это критично не только для безопасности самого процесса, но и для обеспечения оптимального размещения сварочного аппарата и конструктивных элементов.

2. Крайне важно также реализовать продуманное планирование всех операций сварки, начиная с выбора адекватного оборудования, заканчивая его корректной установкой и подсоединением. Важность предварительного планирования в контексте соблюдения мер безопасности не может быть переоценена. Оно требует сосредоточенного внимания к деталям и предвидения возможных рисков на каждом шаге процесса.

Итак, для обеспечения безопасности в процессе лазерной сварки необходимо внедрить систематический и всесторонний подход, который начинается с аккуратной подготовки рабочего места и продолжается с обдуманном планированием всех фаз работы. Эти действия, реализуемые с

учетом высокой степени внимания к мельчайшим деталям и потенциальным опасностям, позволят достичь максимального уровня безопасности.

Акцентирование внимания на многообразных ключевых аспектах обязательно для гарантирования безопасного проведения процессов лазерной сварки, что значительно снижает вероятность происшествий и ущерба оборудованию. Прежде всего, крайне важно оснастить рабочую зону эффективной системой вентиляции, обеспечивающей интенсивный воздухообмен, для предотвращения сбора опасных газов. Затем, следует акцентироваться на превосходной освещенности, благодаря которой каждый сотрудник способен безошибочно идентифицировать свои задания, минимизируя риски, связанные с неадекватной видимостью. В завершение, строгое соблюдение протоколов пожарной безопасности непременно требуется для исключения возможности возникновения пламени и защиты жизни участников рабочего процесса.

Чтобы достигнуть желаемых результатов, важно активно приступить к реализации ряда важнейших инициатив:

- Тщательно исследовать текущее состояние систем вентиляции, освещения и мер пожарной безопасности, проведя всесторонний анализ.
- Выявить и обозначить критические действия, необходимые для поднятия данных критериев до идеала.
- Внедрить разработанные и принятые стратегии с целью преобразования условий труда и повышения уровня безопасности.

С этой целью начальный этап подготовки заключается в детальной диагностике и настройке рабочей атмосферы для сведения к минимуму потенциальных угроз здоровью и безопасности сотрудников.

Следуя правилам безопасности, операции, такие как лазерная сварка, налагают на оператора обязанности по максимальному вниманию к мелочам и глубокой концентрации.

Серьезные физические нагрузки и эмоциональное опустошение вредоносно воздействуют на качество и безопасность выполняемой работы. Именно по этой причине крайне важно с умом распределять рабочие часы, вводя регулярные перерывы с точно определенной регулярностью и продолжительностью, а также создавать условия для достойного отдыха сотрудников и максимально эффективного применения технологических средств, задействованных для точного позиционирования.

После того как основная работа будет выполнена, крайне необходимо выполнить отключение всего оборудования и его перевод в состояние максимальной безопасности, дабы предотвратить любую возможность случайного активирования. Помимо этого, следует осуществлять проветривание помещений и очищение рабочих зон от возможных загрязнений. Нельзя игнорировать, что лазерная сварка – это передовой и инновационный процесс, требующий неукоснительного выполнения всех предусмотренных мероприятий безопасности.

Для достижения высшего уровня превосходства и высококлассного соединения деталей крайне важно с неукоснительной точностью придерживаться установленных норм безопасности. В случае, если вы ищете глубоких знаний или мастер-класса по теме лазерной сварки, настоятельно советуем вам направить взоры на компанию ООО «ИТЦ ЛазерТех». Отличаясь обширнейшими знаниями, мы стремимся распространять их среди заинтересованных лиц, желающих освоить искусство безупречной работы на аппаратах для сварки от IPG Photonics серий LightWELD 1500, LightWELD 1500 XC, LightWELD 1500 XR с высочайшим уровнем мастерства.

#### 4. Оценка эффективности предлагаемых решений

При углубленном изучении экономической части проекта особое внимание усиленно направляется на взаимосвязь между финансовыми исходами и инженерными элементами проекта. В основу такой детальной оценки ложится расчет не только лишь цены выполнения работ на изготовительном сегменте, но также оценка временного интервала, необходимого для начала получения прибыли от вложений.

Тщательное проведение этого анализа неминуемо приводит к выработке важнейших заключений относительно эффективности процесса сварки деталей и производственных решений, внедренных на мощностях. Для подтверждения рентабельности и прогрессивности новых производственных методов осуществляется их тщательное сравнение с традиционными подходами к ремонту, которые были приняты на данном предприятии ранее.

Расчет экономической выгодности любого начинания тесно связан с оценкой множества ключевых параметров. Эти параметры включают в себя тщательный анализ, а также сопоставление запланированных результатов с базовыми и прогнозируемыми показателями. При этом особое внимание уделяется стремлению к минимизации расходов на изготовление продуктов или предоставление услуг. Кроме того, важен расчет времени, которое потребуется для того, чтобы окупить первоначальные вложения в проект.

Годовой экономический эффект рассчитывается по формуле:

$$Ээ = [(C1 + Eн * K1) - (C2 + Eн * K2)] * N, \text{ руб.}$$

$$Ээ = [(3900 + 0,15 * 608) - (1456,83 + 0,15 * 347,46)] * 700 = 1737582$$

(руб.)

Ээ - экономический эффект

К - капитальные вложения

C1 - себестоимость единицы продукции по базовому варианту

C2 - себестоимость единицы продукции по проектному варианту;

$E_n$  - нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности:

$$E_n = 0,15$$

K1 - удельные капиталовложения на единицу

K2 - удельные капиталовложения на единицу по проекту

$$K2 = K / N$$

К — общие капиталовложения

N - годовая программа по проекту

$$K2 = 243222,7 / 700 = 347,46 \text{ (руб.)}$$

Годовая экономия от снижения себестоимости определяется по формуле:

$$\Delta C = (C1 - C2) * N$$

$$\Delta C = (3900 - 1456,83) * 700 = 1710219 \text{ (руб.)}$$

Анализ эффективности инвестиций в капитальные активы неизменно связан с оценкой периода, за который осуществляемые затраты будут возмещены в результате реализации проекта. Этот период, известный как срок окупаемости, играет ключевую роль в принятии инвестиционных решений.

В контексте финансовой устойчивости и рационального распределения ресурсов, акцентируется внимание на необходимости определения

временных рамок, в которых вложенные средства вернутся инвестору, тем самым подтверждая целесообразность проекта.

Ключевым аспектом оценки срока окупаемости является его способность предоставить инвесторам и аналитикам ясное понимание краткосрочной возвратности инвестиций. Это позволяет выявить проекты с наиболее привлекательными индикаторами скорости возврата средств, что особенно значимо в условиях ограниченных ресурсов и высокой конкурентной борьбы.

Срок окупаемости капитальных вложений определяется по формуле:

$$T = K / \text{Ээ}$$
$$T = 243222,7 / 1737582 = 0,14 \text{ (лет)}$$

Технико-экономические показатели сведены в таблицу 6.

Таблица 6 - Технико-экономические показатели

№	Показатели	Единицы измерения	По проекту
1.	Годовая программа	шт.	700
2.	Число производственных рабочих	чел.	3
3.	Основная заработная плата работающих	руб.	513687,97
4.	Среднемесячная заработная плата работающих	руб.	42807,3
5.	Себестоимость единицы продукции	руб.	1456,83
6.	Годовая экономия от снижения себестоимости	руб.	1710219
7.	Капитальные вложения	руб.	243222,7
8.	Годовой экономический эффект	руб.	1737582
9.	Срок окупаемости	Лет.	0,14

В процессе оценки срока окупаемости необходимо учитывать различные факторы, такие как: потенциальная доходность проекта, объем и структура капитальных вложений, а также изменения внешней экономической среды, которые могут существенно повлиять на исходные параметры эффективности.

Следует также принимать во внимание риски задержек и возможные отклонения от первоначальных планов, поскольку они вносят коррективы в расчетный период окупаемости.

В заключение, глубокий анализ срока окупаемости капитальных вложений выступает как инструмент оценки жизнеспособности и эффективности инвестиционных проектов. Он обеспечивает фундамент для принятия обоснованных решений, направленных на максимизацию прибыли и оптимизацию инвестиционного портфеля.

Внедрение стратегического подхода к анализу и управлению сроками окупаемости, безусловно, способствует улучшению финансовых результатов и устойчивости развития компании в долгосрочной перспективе.

## Заключение

В ходе глубокого и системного анализа в области исследования дефектов, непрерывно акцентируется внимание на сложносочиненной природе их возникновения. Замечено, что обыденное разграничение дефектов на такие группы, как строительные просчеты, ошибки в процессе изготовления, износ из-за использования и ухудшение свойств материалов со временем, пусть и распространенное, но является слишком узким, чтобы полностью охватить все тонкости и многообразие процессов, вызывающих появление дефектов. Это усложняется тем фактом, что причины появления дефектов зачастую тесно связаны между собой и могут проявляться в различных сочетаниях, делая процесс их группировки крайне сложным.

В контексте изготовления, особенно когда дело касается методов, таких как лазерное соединение элементов для топливных емкостей, крайне значимым является тщательное наблюдение за состоянием поверхностей, что способствует предотвращению их ускоренного износа. Более того, при выполнении ключевых операций, наподобие лазерной сварки, необходимо проводить всесторонний анализ возможных дефектов, охватывая все моменты жизни продукта. Такой подход обеспечивает возможность эффективно устранять потенциальные проблемы, существенно увеличивая надежность итогового продукта.

Рассмотрение методов с осторожностью и аккуратностью для этих слоев значительно повышает долговечность и качество материалов, в то же время упрощая задачу выявления и категоризации потенциальных несоответствий. Необходимость внедрять продвинутые исследовательские методологии для детального анализа и корректной классификации аномалий в структуре подчеркивает значение передовых научных подходов в данной области.

Применение жесткой систематизации дефектов, которая строится на основе строго определенных принципов, выступает фундаментальным элементом для повышения качества в процессах контроля, а также способствует усовершенствованию методик проектирования, изготовления и выполнения ремонтных работ.

Применяемый метод активно способствует выявлению конкретных проблем, что, в свою очередь, ставит перед разработчиками задачу модифицировать конструкции. Производители и организации по ремонту тоже не остаются в стороне, так как им необходимо корректировать текущие процессы для улучшения надежности и увеличения срока службы топливных резервуаров. В области производства автомобильной техники, активно осуществляется изучение и совершенствование методов технического обслуживания и ремонта, что привлекает внимание научных кругов. При этом акцент делается на анализе долговечности материалов и разработке стратегий для предотвращения их раннего изнашивания. Следует подчеркнуть, что достижение успехов в сфере контроля качества оборудования для машиностроения требует от нас систематического сбора и всестороннего анализа информации на всех этапах жизненного цикла изделия, начиная от дизайна и заканчивая эксплуатацией.

Основные проблемы с надёжностью и длительным использованием элементов вроде топливных резервуаров часто возникают из-за неадекватного дизайна и поверхностного анализа реакции материалов на разнообразные операционные условия. Это усугубляется нехваткой точных данных о таких ключевых атрибутах материалов, как их устойчивость к нагрузкам и способность возвращаться к исходной форме после их прекращения. В этой обстановке, активно реализуемое внедрение лазерной сварки в процессе создания изделий обещает значительное улучшение их качества и увеличение срока службы. Используя эту инновационную методику, можно достигать необычайной точности и создавать соединения

высочайшего качества, что напрямую повышает надежность готовых продуктов.

В индустрии производства машин регулярно наблюдаются повреждения, зачастую вызванные многократным игнорированием необходимых мероприятий по уходу, что неминуемо приводит к раннему ухудшению состояния как отдельных частей, так и систем в целом. Примером такого небрежного отношения является отсутствие постоянной смазки для движущихся элементов, что ускоряет их изнашивание, в то же время пренебрежение регулярной чисткой кузова может спровоцировать его постепенное разрушение. Более того, позволяя грязи проникать в систему питания, можно серьезно сказаться на работоспособности двигателя и других узлов.

Осуществление сварочных работ, особенно в чувствительных зонах топливных резервуаров, где увеличены риски разрушения из-за агрессивных воздействий и неодинаковой прочности, требует применения технологий, устойчивых к внешним угрозам и сокращающих возможность накопления напряжений. Лазерная сварка, благодаря своей исключительной точности и способности минимизировать разрывы в целостности материала, представляет собой особенно перспективный метод повышения долговечности и структурной целостности резервуаров для хранения топлива.

В контексте обеспечения продолжительной эксплуатации инфраструктурных объектов особо важным становится глубокое понимание процессов деградации, вызванных вредными примесями в окружающей среде. Уязвимость материалов к этим влияниям часто лежит в основе потенциального сокращения срока их службы, что делает задачу по их защите через продвинутые способы обработки насущной и важной для достижения целей устойчивого развития и надёжности сооружений.

В машиностроении, постепенное ухудшение качества материалов происходит под действием множества факторов, среди которых выделяются проникновение частиц соли, попадание дыма и воздействие различных химических элементов. Эти элементы, вместе с широким диапазоном микроклиматических условий и активностью микроорганизмов, существенно снижают прочностные свойства используемых материалов, что неизменно приводит к их изнашиванию. Кроме того, актуально учитывать последствия механических воздействий, особенно в случаях жесткой посадки автомобиля, когда есть вероятность возникновения деформаций в структурных элементах. Такие повреждения способны вызвать появление трещин, что значительно повышает опасность утечек из топливных систем.

Актуальная задача улучшения прочности и надежности конструктивных элементов, включая методы лазерной сварки, стоит остро перед инженерами для предотвращения рисков протечек топлива и повышения уровня безопасности транспортного движения. В процессе тщательного анализа было выявлено, что активность микроорганизмов в некоторых условиях активно способствует превращению уникальных материалов. Этот процесс неизбежно приводит к формированию метаболитов, в том числе алкоголей и кислот, которые оказывают разрушающее влияние на металлические структуры, подрывая их целостность и эффективно разрушая защитные слои и уплотнения.

В этом свете, осуществление детальной проработки методов повышения целостности структур, особенно с применением технологии лазерной сварки, выделяется как приоритетное направление в борьбе за улучшение безопасности и надежности. Проведенные исследования подчеркивают значимость понимания влияния микробной активности на ассимиляцию материалов, что ведет к выделению коррозионных агентов и, как следствие, к ослаблению защитных барьеров и уплотнителей в конструкциях.

Несколько передовых методов, активно применяемых для эффективного восстановления функциональности топливных резервуаров, включают в себя инновационные процедуры такие как химическое очищение, детальную механическую обработку и придание внутренним поверхностям баков особого, защищающего от внешних факторов, покрытия. В области укрепления структурной целостности и устойчивости к corrosive decay объектов, особенно тех, что построены с использованием полимерных и эластомерных элементов, лазерная сварка открывает новые горизонты. Ее применение обещает обеспечить формирование сверхпрочных, устойчивых к деградационным процессам соединений, значительно улучшая защиту от разнообразных микробиологических угроз. Таким образом, технологии лазерной сварки представляют собой мощное средство борьбы с необратимыми изменениями, негативно влияющими на прочность конструкций, и предлагают уникальное решение для повышения их долговечности.

Определение оптимального подхода к ремонту осуществляется с учетом многообразия ключевых параметров, среди которых выделяются степень повреждения, материал изготовления бака и будущие планы по его применению. Варианты ремонта предлагают широкий спектр преимуществ и недостатков, зависящих от рассматриваемых характеристик.

Восстановление функциональности топливных баков является критически важной операцией, направленной на продление их эксплуатационного периода, повышение эффективности использования топлива и гарантию безопасности при использовании. Применение передовых технологий и методик в области ремонта позволяет осуществлять этот процесс на высоком уровне качества и надежности, обеспечивая при этом лучшую производительность транспортных средств.

В ходе детально развернутого исследования были тщательно изучены и анализированы перспективы использования лазерных систем,

функционирующих на базе углекислого газа, для надежного соединения компонентов из алюминия, важнейших для изготовления топливных емкостей. Углекислотные лазеры, отличающиеся своей универсальностью и непревзойденной производительностью, демонстрируют впечатляющие возможности в выполнении широкого спектра задач, в том числе в сварке, маркировке и тонкой обработке различных материалов, обеспечивая при этом высокую трудоспособность и заметную экономию ресурсов.

Исследование включало в себя всесторонний теоретический анализ устройств и механизмов работы углекислотных лазеров на газовой основе, включая углубленный осмотр их структуры и способов функционирования. Кроме того, осуществлена была оценка и сравнение между разнообразными моделями и разновидностями углекислотных лазеров, с акцентом на их эффективном промышленном использовании.

В ходе проведения тщательного научного анализа, специалисты смогли аккуратно исследовать и выявить ключевые характеристики, связанные с процессом лазерной сварки. Особое внимание в исследовании было уделено тщательному исследованию температурных показателей на поверхности свариваемых металлических пластин и точной настройке мощности лазера, чтобы точно соответствовать этим параметрам. Кроме того, акцент был сделан на вычислении деталей, которые могут дать представление о максимальной толщине сварного шва при применении определенных уровней мощности лазера.

Подробный расчет и анализ, выполненные с необходимой тщательностью, содействовали успешному завершению поставленных перед началом исследовательских целей. Это позволяет утверждать, что исследование не только достигло, но и превысило ожидаемые результаты, обеспечив тем самым ценный вклад в научное понимание технических аспектов лазерной сварки.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Александровская Л.Н. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем / Л.Н Александровская. - М.: Логос, 2001.
2. Евстюнин Г.А. Анализ российского и международного рынка лазерных технологий. <http://docplayer.ru/29560271-Analiz-rossiyskogo-i-mezhdunarodnogo-rynka-lazernyh-tehnologiy-prezentaciya-k-kursu-lekciy-priglashyonnogo-specialista.html>.
3. Ендогур А.И. Проектирование конструкций. Проектирование конструкций деталей и узлов: Учебное пособие / А.И. Ендогур. - М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009. - 540 с.
4. Жаркой И.И. Пособие по экономическому обоснованию дипломных проектов / И.И Жаркой. - М.: МГТУ ГА, 2001. - 40 с.
5. Иванов Д.А. Эффективные способы восстановления работоспособности топливных баков. - 2017. - №5. - С. 76-82.
6. Ключева В.В. Приборы неразрушающего контроля. Справочник / Под редакцией В.В. Ключева. В 2-х т. - М.: Машиностроение, 1976.
7. Кнорринг Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г.М. Кнорринг - 2 - е изд., перераб. и доп. - СПб.: Энергоатомиздат. Санкт - Петербургское отделение, 1992. - 448 с.: ил
8. Козлов Г.И., Кузнецов В.А., Квантовая электроника, 1985, том 12, номер 3, 553–561
9. Кондратьев В.И. Методы проверки и ремонта топливных баков. - 2014. - Т. 15, №1. - С. 55-60.
10. Лазеры на мировом и отечественном рынке. [http://online.mephi.ru/courses/new\\_technologies/laser/data/lecture/1/p24.html](http://online.mephi.ru/courses/new_technologies/laser/data/lecture/1/p24.html).
11. Миртов К.Д. Конструкция и прочность ЛА ГА / Под редакцией К.Д. Миртова. - М.: Машиностроение, 1991.

12. Патон Б. Е., Шелягин В. Д., Ахонин С. В. и др. (2009) Ла-зерная сварка титановых сплавов. Там же, 10, 35-39.

13. Полонский А.П. Методические указания по дипломному проектированию для студентов специальности 1610 «Техническая эксплуатация и безопасность» / А.П. Полонский - Иркутск: ИПИ, 1981 г. - 38 с.

14. Стандарт организации. Система менеджмента качества. Оформление курсовых проектов и выпускных квалификационных работ технических специальностей ИрНИТУ. - Иркутск, 2015 г.

15. Цветкун Н.В. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к дипломному проектированию / Н.В. Цветкун - Иркутск: ИрГТУ, 2012. - 56 с.

16. Шелягин В. Д., Лукашенко А. Г., Лукашенко Д. А. и др. (2011) Лазерная сварка тонколистовой нержавеющей ста-ли. Автоматическая сварка, 4, 45-49.

17. Шелягин В. Д., Хаскин В. Ю., Шитова Л. Г. и др. (2005) Многопроходная сварка сталей больших толщин с ис-пользованием лазерного излучения. Там же, 10, 48-52.

18. Шиков А.В. Технология восстановления топливных баков // Требования безопасности. - 2015. - №4. - С. 45-50.

19. Annual Laser Market Review & Forecast: Can Laser Markets Trump a Global Slowdown? <http://www.laserfocusworld.com/articles/print/volume-52/issue-01/features/annual-laser-market-review-forecast-can-laser-markets-trump-a-global-slowdown.html>.

20. Annual Laser Market Review & Forecast: Where Have All the Lasers Gone? <http://www.laserfocusworld.com/articles/print/volume-53/issue-01/features/annual-laser-market-review-forecast-where-have-all-the-lasers-gone.html>.

21. Cao X., Jahazi M., Immarigeon J. P., Wallace W. (2006) A review of laser welding techniques for magnesium alloys. *J. of Materials Processing Technology*, 171(2), 188-204.
22. Chen H.-C., Pinkerton A. J., Lin Li (2011) Fibre laser welding of dissimilar alloys of Ti-6Al-4V and Inconel 718 for aerospace applications. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 52(9), 977-987.
23. <http://hanslaser.ru/product/marker-co2-t500-t300>
24. [http://sibsauktf.ru/courses/hitech/html/cont\\_004.htm](http://sibsauktf.ru/courses/hitech/html/cont_004.htm)
25. <http://www.slab-laser.ru>
26. [http://www.technolaser.biz/russian/tl\\_2\\_5\\_r.html](http://www.technolaser.biz/russian/tl_2_5_r.html)
27. [https://www.trumpf.com/ru\\_RU/produkcija/lazery/uglekislotnyi-lazer/truflow](https://www.trumpf.com/ru_RU/produkcija/lazery/uglekislotnyi-lazer/truflow)
28. Nikolov M. (2014) Trends in development of weld overlaying during the 21ST century. *Acta Technologica Agriculturae*, 17(2), 35-38.
29. Schubert E., Klassen M., Zerner I., et al. (2001) Light-weight structures produced by laser beam joining for future applications in automobile and aerospace industry. *Ibid.*, 115(1), 2-8.
30. Tsukamoto S. (2003) Laser Welding. *Welding International*, 17(10), 767-774.
31. Yamaguchi T., Katoh M., Nishio K. (2009) Mechanical properties of aluminium alloy welds by laser beam. *J.of Light Metal Weld. + Constr.*, 4, 13-22.