

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

Институт финансов, экономики и управления

(наименование института полностью)

27.03.02 Управление качеством

(код и наименование направления подготовки / специальности)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Совершенствование процесса ремонта и обслуживания технологического  
оборудования на предприятии

Обучающийся

Ш.Д. Саиджалилов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

д-р экон. наук., профессор, М.О. Искосков

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

## Аннотация

Тема бакалаврской работы: Совершенствование процесса ремонта и обслуживания технологического оборудования на предприятии.

Бакалаврская работа содержит пояснительную записку объемом 61 страниц, включающую в себя введение, три раздела, заключение, дополненную 13 таблицами, 4 рисунками. Список используемой в работе литературы включает в себя 25 отечественных источников и 5 зарубежных.

Ключевым вопросом бакалаврской работы является разработка мероприятий по совершенствованию процесса ремонта и обслуживания технологического оборудования на предприятии ООО ВСТЗ «Луч».

Целью бакалаврской работы является разработка мероприятий для повышения эффективности работы предприятия за счет совершенствования процесса ремонта и обслуживания технологического оборудования.

Объектом исследования является технология выполнения ремонта и обслуживания технологического оборудования.

Предметом исследования является обслуживание и ремонт технологического оборудования, применяемого на участке лазерной резки и SMD монтажа.

Бакалаврская работа может быть разделена на следующие логически взаимосвязанные блоки: анализ проблем, связанных с обслуживанием и ремонтом промышленного технологического оборудования, рассмотрение видов ремонтов и их совершенствование; анализ процессов обслуживания и ремонта технологического оборудования на исследуемом предприятии; разработка мероприятий по совершенствованию процессов и анализ их экономической эффективности.

## **Abstract**

The topic of the final qualifying work: «Improving the process of repair and maintenance of technological equipment at the limited liability company Volzhsky Lighting Plant».

The final qualifying work contains an explanatory note of 61 pages, including an introduction, three sections, a conclusion, supplemented by 13 tables, 4 figures. The list of literature used in the work includes 25 domestic sources and 5 foreign ones.

The key issue of the final work is the development of measures to improve the process of repair and maintenance of technological equipment at the limited liability company Volzhsky Lighting Plant "Luch".

The purpose of the bachelor's work is to develop measures to increase the efficiency of the enterprise by improving the process of repair and maintenance of technological equipment.

The object of the study is the technology for repairing and servicing technological equipment.

The subject of the study is the maintenance and repair of technological equipment used in the laser cutting and SMD installation area.

The research and development work can be divided into the following logically interconnected blocks: analysis of problems associated with the maintenance and repair of industrial technological equipment, consideration of types of repairs and their improvement; analysis of maintenance and repair processes of technological equipment at the enterprise under study; development of measures to improve processes and analysis of their economic efficiency.

## Содержание

Введение.....	5
1 Существующие проблемы, связанные с обслуживанием и ремонтом технологического оборудования промышленных предприятий.....	7
1.1 Виды ремонтов, их классификация.....	7
1.2 Методы, подходы по совершенствованию ремонтов технологического оборудования.....	17
2 Анализ деятельности предприятия «Волжский светотехнический завод «Луч».....	27
2.1 Краткая характеристика предприятия .....	27
2.2 Анализ процессов технического обслуживания и ремонта оборудования на ВСЗ «ЛУЧ» .....	32
3 Совершенствование процесса ремонта и обслуживания технологического оборудования на ВСЗ «Луч».....	50
3.1 Разработка мероприятий по совершенствованию процесса ремонта и обслуживания технологического оборудования.....	50
3.2 Расчет экономической эффективности внедрения мероприятий.....	55
Заключение .....	59
Список используемой литературы .....	61
Приложение А Организационная структура ООО «Луч» .....	60
Приложение Б Диаграмма Исикавы.....	61

## Введение

Обеспечение эффективного функционирования предприятий подразумевает непрерывную заботу о техническом обслуживании технологического оборудования, играющего ключевую роль в процессе воспроизводства основных средств данной организации. В настоящее время множество компаний направляют свои усилия на разработку и внедрение новых подходов к техническому обслуживанию своего оборудования. Применение [6] становится малоэффективным для современных организаций в связи с высокой сложностью и материалоемкостью новых технологий. «Это обстоятельство делает нецелесообразным и экономически неэффективным проведение обслуживания в соответствии с заранее разработанными картами» [6].

Актуальность данного исследования проявляется в стремлении оптимизировать процессы ремонта и обслуживания технологического оборудования, предлагая мероприятия, направленные на повышение эффективности данных процессов, на примере деятельности ООО ВСТЗ «Луч».

Целью бакалаврской работы является разработка мероприятий для повышения эффективности работы предприятия за счет совершенствования процесса ремонта и обслуживания технологического оборудования.

Объектом исследования является технология выполнения ремонта и обслуживания технологического оборудования.

Предметом исследования является обслуживание и ремонт технологического оборудования, применяемого на участке лазерной резки и SMD монтажа.

Сформулированные задачи бакалаврской работы:

- рассмотрение значимости, сущности и роли ремонтов в условиях современной экономики;

- предоставление краткой характеристики предприятия ООО ВСТЗ «Луч»;
- разработка мероприятий по оптимизации процесса ремонта и обслуживания оборудования, включая проведение расчетов экономической эффективности внедрения предложенных изменений на предприятии ООО ВСТЗ «Луч».

В качестве информационных источников использовали открытые источники сети Интернет, справочная и нормативная документация, отчетность предприятия за 2021–2023 годы, публикации в периодической литературе, сборниках статей и научных трудов по выбранной тематике.

Структура и объем бакалаврской работы. Работа состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованных источников из 25 отечественных и 5 зарубежных работ. Приложения на 2 листах. Общий объем работы, без приложений, 61 страниц машинописного текста, в том числе таблиц – 13, рисунков – 5.

# **1 Существующие проблемы, связанные с обслуживанием и ремонтом технологического оборудования промышленных предприятий**

## **1.1 Виды ремонтов, их классификация**

В современных условиях высокой конкурентоспособности производимой продукции становится ключевым элементом обеспечения высокого рейтинга предприятия у потребителей, поскольку важность достижения высокого стандарта качества продукции непосредственно связана с бесперебойной работой всего промышленного оборудования предприятия в процессе производства.

«Независимо от начального состояния оборудования, в течение активной эксплуатации происходит естественный износ отдельных компонентов, а также возможны поломки и аварии. Отсутствие должного ухода за оборудованием и его технического обслуживания влечет за собой ухудшение показателей качества выпускаемой продукции.

Современное высокотехнологичное оборудование требует наличия высокой квалификации у обслуживающего персонала. В противном случае становится невозможным достижение требуемых характеристик оборудования, что повышает риск досрочного выхода из строя и возникновения аварий. В свою очередь, это снижает время полезной работы оборудования и увеличивает затраты на его техническое обслуживание [7].

«Эффективная и своевременная система организации ремонтов и планово-предупредительного обслуживания способствует снижению риска простоя оборудования в случае аварий. При этом стоимость ремонта включает в себя не только материальные затраты, но и затраты на трудовые ресурсы» [11].

«Сокращение расходов на планово-предупредительное обслуживание и регламентированные работы по ремонту, предписанные производителем, может привести к ряду негативных последствий, включая простои оборудования,

переделку бракованной продукции и дополнительные трудозатраты обслуживающего персонала. Это, в свою очередь, может повлечь за собой риск потери клиентов из-за низкого качества выпускаемой продукции. Производственные простои оборудования могут достигать 25–30% от общего времени его полезной работы в наихудшем случае, что подчеркивает важность эффективного технического обслуживания и проведения ремонтных работ» [11].

«В процессе проведения планово-предупредительного обслуживания и ремонтных мероприятий заметно проявляется существенное воздействие на экономические аспекты деятельности предприятия и промышленного производства. Учитывая широкое распространение высокотехнологичного оборудования, такого как многоосевые высокоточные обрабатывающие центры, применяемые в механообработке, и отмечая тенденцию к постоянному совершенствованию используемого оборудования, указанное воздействие будет лишь нарастать.

Основой современной системы технического обслуживания и ремонта служит комплекс взаимосвязанных материальных ресурсов, управленческих решений и высококвалифицированного обслуживающего персонала. Этот комплекс направлен на поддержание работоспособного состояния всего технологического оборудования и оперативное устранение выявленных поломок.

Необходимо заботиться не только о поддержании работоспособности оборудования, но и активно проводить мероприятия по его модернизации и улучшению технических характеристик. Таким образом, процесс ремонта не сводится лишь к восстановлению работоспособности оборудования, но и направлен на улучшение его изначальных параметров» [30].

«Экспертные оценки свидетельствуют о занятости в сфере ремонта оборудования приблизительно четырех миллионов человек, причем примерно треть созданного станочного оборудования подвергается процедурам ремонта. Вместе с тем, затраты на производство новых станков почти в три раза меньше,



чем расходы на ремонт. Следует отметить, что ремонт вышедшего из строя оборудования может составлять от одной четверти до одной трети его первоначальной стоимости ежегодно, при этом доля этих затрат в себестоимости продукции может достигать 10% и даже превышать. В условиях тенденции к усложнению и удорожанию технологического оборудования указанные доли расходов будут только увеличиваться со временем, включая расходы на поддержание высокой квалификации обслуживающего персонала, расширение штата ремонтных служб и проведение модернизаций уже имеющегося оборудования» [10].

«С экономической точки зрения важность проведения ремонтных работ определяется не только затратами труда и материальными расходами, но и необходимостью обеспечения соответствующего уровня качества выпускаемой продукции. Недостаточная эффективность и низкое качество ремонта могут значительно отразиться на экономике предприятия, вызывая потери в производственном процессе из-за простоя оборудования, его неисправности и выполнения ремонтных работ. Эта ситуация особенно актуальна для автоматизированных производств, где отказ одного оборудования может привести к остановке всей цепочки производственных операций.

Практика показывает, что руководство предприятий редко принимает решение о закупке резервного оборудования для сокращения времени простоя при выходе из строя основного оборудования. В данной ситуации основное внимание следует уделить организации ремонтной службы с целью предотвращения подобных ситуаций.

Следует отметить, что крупный или капитальный ремонт зачастую может оказаться более затратным, чем приобретение нового оборудования. Это, помимо затрат на простои, может также повлиять на конечную стоимость производимой продукции» [17].

«В связи с этим можно заключить, что организация ремонтных служб на производстве представляет собой актуальную и востребованную задачу. Эффективность функционирования данной службы и квалификация ее персонала напрямую влияют на долговечность работы оборудования и его надежность. Своевременное и полноценное обслуживание и ремонт позволяют выявлять проблемы заблаговременно, уменьшая риск невидимых сбоев оборудования и сокращая затраты на восстановление работоспособного состояния» [4].

Кроме того, в обязанности ремонтных служб входят также следующие аспекты, помимо технического обслуживания и ремонта существующего оборудования:

- монтаж нового оборудования;
- модернизация текущего парка оборудования;
- разработка и изготовление запасных частей;
- создание регламента работ по обслуживанию и ремонту, а также улучшение и оптимизация используемых методов, направленных на повышение эффективности.

«Эффективность функционирования ремонтной службы тесно взаимосвязана с организацией данной службы. Повышенная эффективность проявляется в уменьшении расходов на ремонт и обслуживание оборудования, учтенных в общей стоимости произведенной продукции. В ходе реализации комплексного планово-предупредительного ремонта и обслуживания, проводимого в установленные сроки с учетом предварительно запланированных узлов, ремонт разделяется на три основные категории: текущий, средний и капитальный (рисунок 1)» [4].

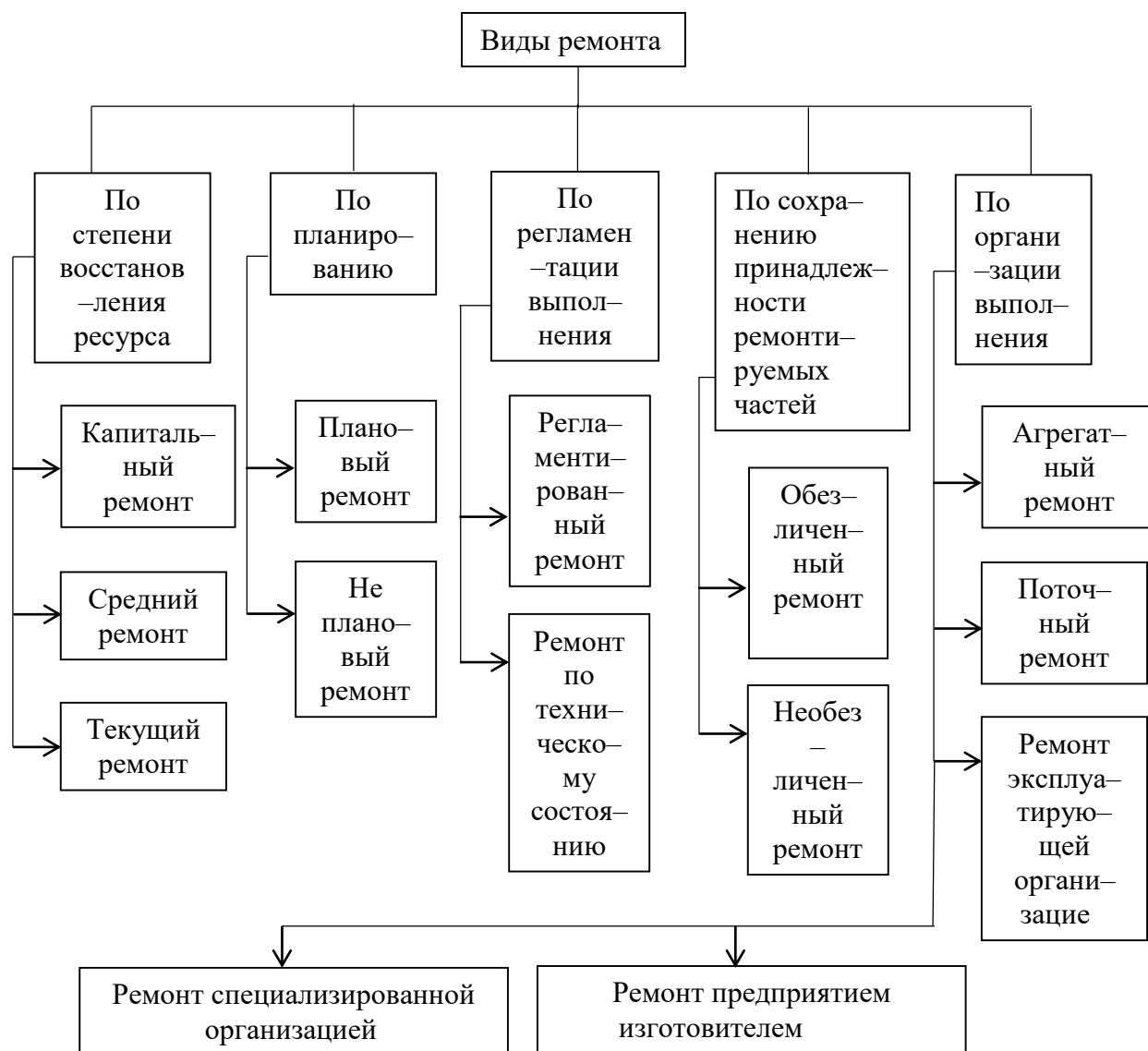


Рисунок 1 – Виды ремонтов

«Ремонт представляет собой комплексные мероприятия, направленные на снижение степени износа оборудования и восстановление его функциональности для обеспечения бесперебойной эксплуатации. Рассмотрим краткую характеристику видов ремонта.

Малый ремонт: данный вид ремонта направлен на восстановление работоспособности узлов, не требующих значительных материальных и трудовых затрат. Включает в себя операции, такие как замена изношенных узлов,

дефектовка деталей, подлежащих замене на ближайшем плановом ремонте, а также проведение операций, таких как протяжка соединений, очистка от окислов и замена смазки нагруженных узлов. Частота проведения таких ремонтов может быть высокой, но их объем и затраты ограничены.

Средний ремонт: в отличие от малого ремонта, средний ремонт проводится более тщательно и предполагает замену деталей и узлов контактных групп. Его целью является восстановление работоспособности нагруженных узлов, позволяя восстановить их состояние после поломок или увеличить ресурс использованного оборудования. Такой вид ремонта часто сочетается с частичной или полной разборкой узлов оборудования, и его продолжительность и затраты могут составлять до половины от стоимости капитального ремонта» [13].

«Капитальный ремонт: является наиболее затратным видом, как с точки зрения материальных затрат, так и в плане трудовых ресурсов. Этот вид включает практически полную разборку оборудования, замену многих стандартных узлов, не подлежащих восстановлению. После выявления неисправностей проводится сборка, настройка и, при необходимости, юстировка для обеспечения выполнения функций оборудования. Испытания проводятся только после полной сборки и настройки всех компонентов оборудования, прежде чем оно возвращается в эксплуатацию в обычном режиме.

Помимо указанных видов ремонта, осуществляемых в соответствии с определенным регламентом на любом предприятии, также существует аварийный ремонт, выполняемый в случае внеплановых ситуаций» [19].

«Аварийный ремонт, в зависимости от серьезности произошедших аварий, может быть рассмотрен как любой из ранее упомянутых видов ремонта не только с точки зрения объемов, но и трудозатрат. Основная цель такого рода ремонта заключается не только в восстановлении изношенного оборудования, но и в обеспечении его возможности продолжения нормального функционирования, а также в возможности запуска оборудования, которое уже вышло из строя. В

случаях, когда аварии вызваны не только неправильной эксплуатацией или отсутствием регулярного ремонта, но и событиями непреодолимой силы, такой вид ремонта может сводиться к замене отдельных узлов в зависимости от последствий поломок» [14].

Отдельно можно выделить восстановительный ремонт, который производится по окончании капитальных или других видов ремонта и предназначен для восстановления работоспособного состояния или проведение модернизации оборудования. Периодичность таких ремонтов определяется конструктивными особенностями, характером функционирования и глубиной проводимого ремонта. Этот вид ремонта охватывает межремонтное обслуживание, периодические осмотры и плановые ремонты различного масштаба (малые, средние, капитальные).

«Межремонтный период представляет собой временной интервал между двумя регламентированными ремонтами, включая надзор за оборудованием, регулировку и чистку отдельных узлов без нарушения его функционирования. Этот период выполняется во время простоев оборудования, таких как перерывы между сменами или в нерабочие дни.

Межосмотровый период представляет интервал времени между двумя осмотрами и включает проведение осмотров, прочистку, точностные испытания и другие профилактические мероприятия. Частота и объемы планового ремонта строго регламентированы документацией к оборудованию. Плановые ремонты подразделяются на текущие, средние и капитальные в зависимости от объема предстоящих работ.

Ремонтный цикл представляет собой период функционирования оборудования от первого запуска до первого капитального ремонта или временной интервал между двумя капитальными ремонтами. Структура ремонтного цикла включает систематическую последовательность ремонтов и осмотров, чья очередность зависит от типа оборудования, его загруженности,

срока эксплуатации и конструктивных особенностей. Несмотря на проведение ремонтов, амортизация оборудования продолжает осуществляться в период его эксплуатации. В зависимости от сложности ремонтируемого оборудования к выполнению ремонтных работ могут привлекаться сторонние организации или представители производителя данного оборудования» [15].

Производственный процесс ремонта технологических машин и оборудования состоит из следующих основных операций (рисунок 2): «приема машины в ремонт; наружной мойки машины; разборки машины на агрегаты и узлы; очистки и мойки агрегатов и узлов; разборки агрегатов и узлов на детали; очистки и мойки деталей; дефектации деталей; ремонта деталей; комплектования деталей; сборки узлов и агрегатов; обкатки, испытаний и окраски узлов и агрегатов; общей сборки, обкатки, испытаний и окраски машины; сдачи отремонтированной машины (агрегата)» [9].

«Технологическим процессом ремонта называется часть производственного процесса, связанная с разборкой, сборкой и воздействием на изношенные детали с целью получения требуемых размеров, формы, взаимного расположения поверхностей, их шероховатости, а также физико-механических свойств» [21].

«На схеме стрелками показана технологическая последовательность выполнения отдельных операций при ремонте агрегатно–узловым методом, при котором сборка машины осуществляется с использованием заранее отремонтированных или новых узлов (агрегатов), поступающих со склада оборотного фонда. Таким образом, после ремонта базовой детали (рамы) без задержек осуществляется общая сборка машины» [9]. Техническое обслуживание – это комплекс работ для поддержания работоспособности оборудования между ремонтами.

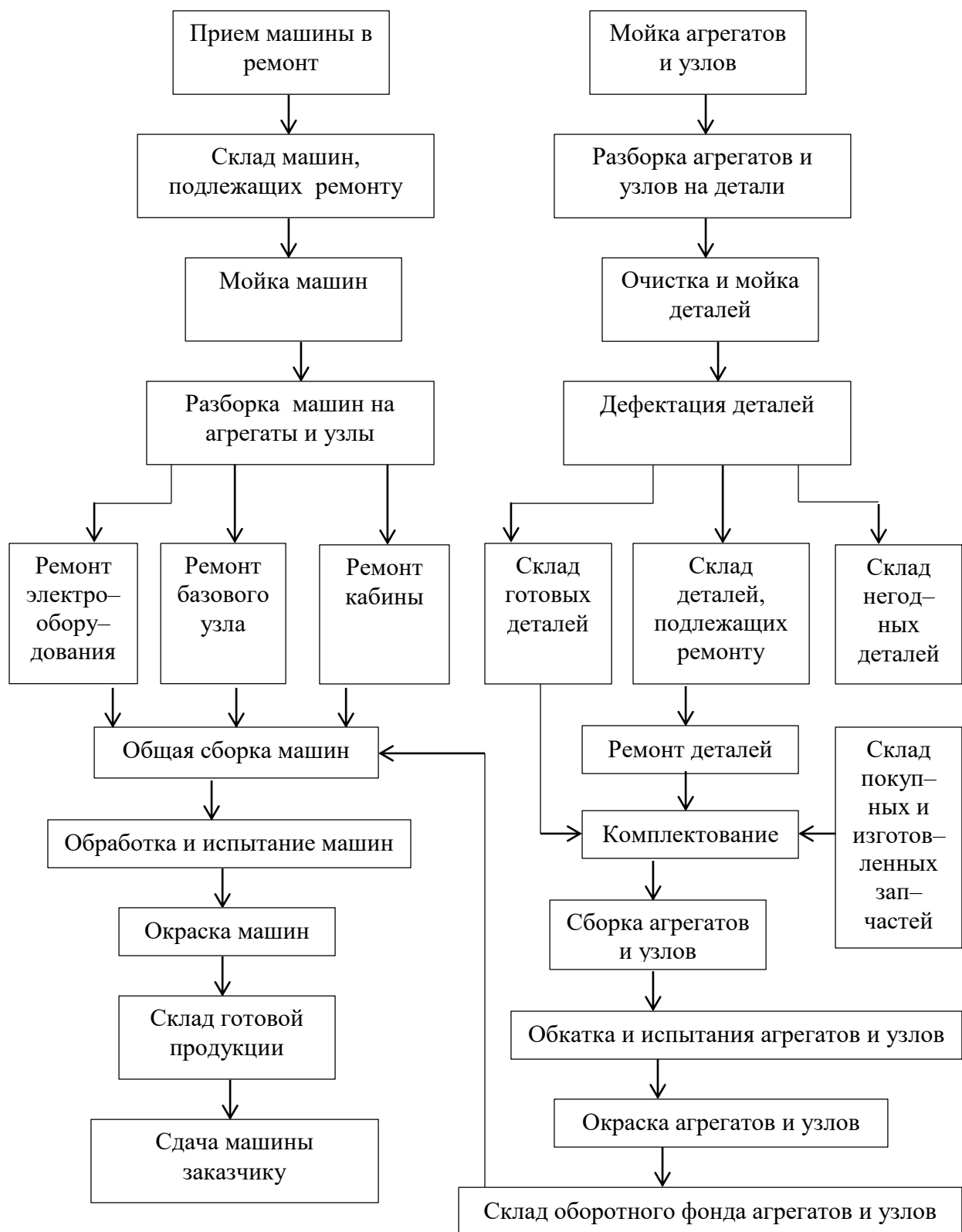


Рисунок 2 – Схема производственного процесс ремонта технологических машин и оборудования

«После разборки агрегатов и узлов на детали производится их очистка и мойка, а затем дефектация, т.е. контроль годности деталей и сортировка их на три группы: годные без ремонта, требующие ремонта и негодные, подлежащие сдаче в металлолом. Детали, требующие ремонта, поступают на склад, а затем на участки ремонтных операций» [9]. Виды технического обслуживания промышленного оборудования показаны на рисунке 3.

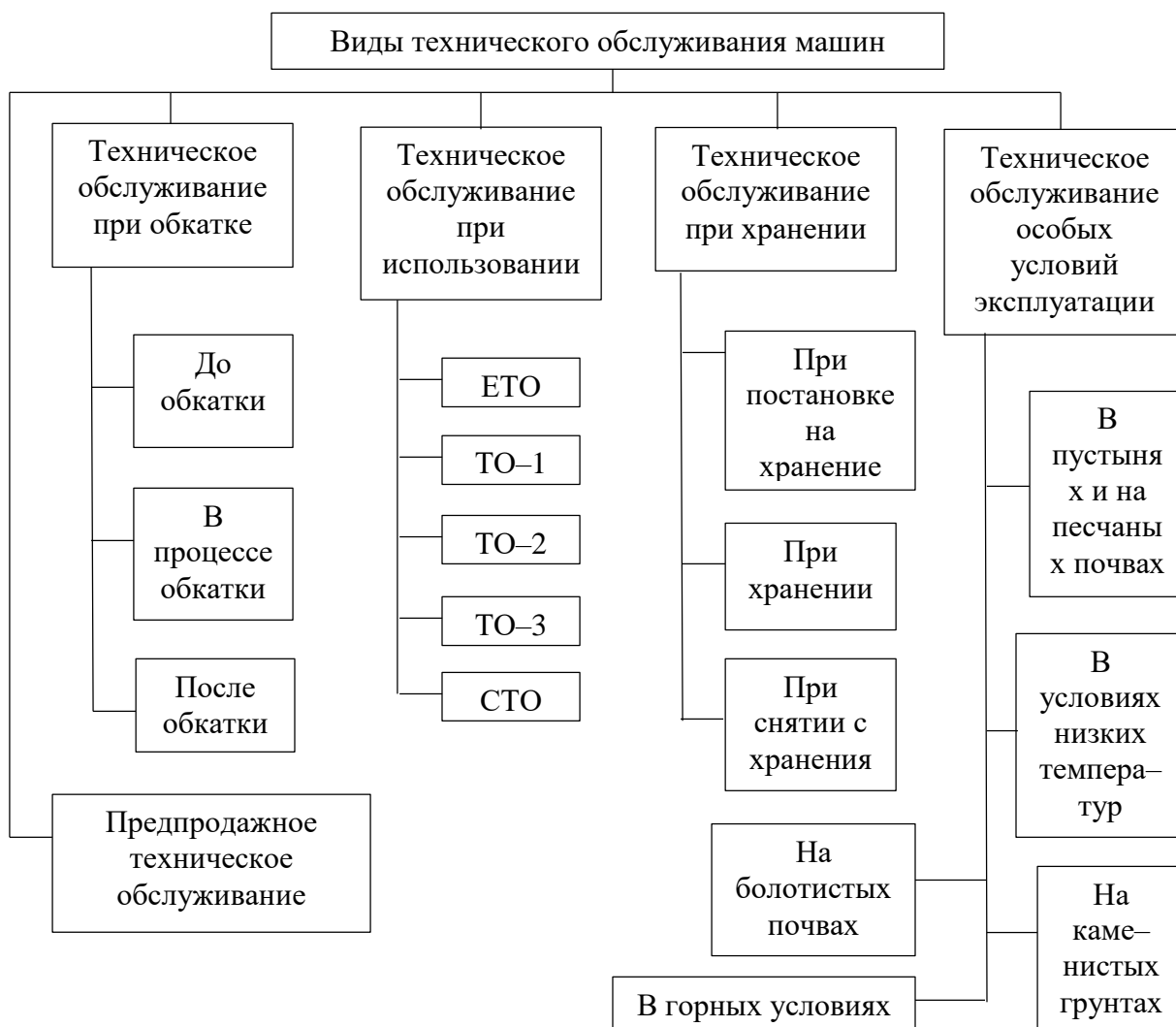


Рисунок 3 – Виды технического обслуживания промышленного оборудования



Выявленные при ТО дефекты и неисправности должны устраняться в возможно короткие сроки силами технологического и дежурного ремонтного персонала данной смены.

## **1.2 Методы, подходы по совершенствованию ремонтов технологического оборудования**

При подготовке к выполнению ремонта следует выполнить согласование времени проведения ремонтных работ с календарным планом производства (в данном случае это сборочное производство светильников). Это необходимо для минимизации производственных потерь и обеспечения ритмичности производственного процесса. Для достижения этих целей применяются следующие меры:

- создание заделов продукции участка, что включает в себя предварительное формирование запасов готовой продукции на предприятии для периода ремонта;
- установка подменных станков, предоставляющих возможность поддерживать рабочий процесс на предприятии во время основного ремонта основного оборудования;
- увеличение сменности работы путем организации дополнительных смен или изменения графика работы рабочего персонала для обеспечения более продолжительного рабочего времени.

«Перед началом ремонта необходимо подготовить следующие документы:

- паспорт оборудования, содержащий технические данные, режимы работы, допустимые нагрузки, результаты предыдущих осмотров и ремонтов. Этот документ является основным справочным материалом, описывающим состояние и характеристики оборудования;

- спецификации и чертежи сменных деталей и узлов для своевременного изготовления, предоставляющие техническую документацию для изготовления запасных частей;
- схема управления, описывающая принципы и последовательность управляющих процессов оборудования;
- инструкции по регулировке и уходу за оборудованием, предоставляющие рекомендации по обслуживанию и поддержанию работоспособности оборудования в процессе эксплуатации;
- технологические карты разборки и сборки агрегатов и механизмов, определяющие последовательность действий при разборке и сборке оборудования;
- типовые технологические процессы изготовления и ремонта запасных деталей, предоставляющие стандартные методы изготовления и восстановления деталей;
- типовая оснастка и приспособления для механизации трудоемких ремонтных работ, обеспечивающие эффективные условия для проведения ремонтных операций;
- запасные детали и материалы, приобретенные или изготовленные заранее, обеспечивающие наличие необходимых ресурсов для замены изношенных или поврежденных деталей» [12].

С увеличением затрат на ремонтнообслуживание необходимо искать более прогрессивные формы и методы ремонта оборудования. К таким методам относятся:

- централизация ремонтов не только на предприятии, но и в пределах экономического района, отрасли, что обеспечивает более эффективное использование ресурсов и оборудования;
- увеличение объема централизованного изготовления запасных частей на специализированных ремонтных предприятиях,

обеспечивающих более высокую производительность и качество изготавливаемых деталей;

- внедрение передовых методов ремонта, таких как поузловой и последовательно–узловой методы, что позволяет проводить ремонтные работы более точно и эффективно;

- применение прогрессивных технологий ремонтных работ, включая методы восстановления утраченных размеров и восстановления ремонтных размеров, что повышает эффективность восстановительных процессов и продлевает срок службы оборудования;

- применение научного обоснования нормативов межремонтных обслуживаний;

- совершенствование структуры межремонтных циклов с целью увеличения межремонтного времени обслуживания;

- стремление к сокращению времени простоя оборудования в ремонте и снижению трудозатрат на ремонт.

Дополнительные меры включают совершенствование структуры станочного парка, планирования ремонтных работ с использованием ЭВМ, применение стандартных узлов и деталей в станкостроении, а также улучшение организации труда ремонтного персонала, что способствует повышению эффективности ремонтных процессов и уменьшению времени простоя оборудования.

«Для оптимизации различных процессов, включая техническое обслуживание и ремонт оборудования, необходимо установить конкретные цели, которые должен обеспечивать данный процесс. Например, такие цели могут включать в себя обеспечение надежности, бесперебойности и безопасности оборудования с учетом экономической целесообразности» [23].

Для оценки качества текущего процесса технического обслуживания и ремонта оборудования применяются следующие показатели [23]:

- «средняя механическая готовность (например, 95%);
- затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования;
- фактическая и плановая рабочая мощность;
- процент простоя оборудования (время на ремонты);
- качество планирования технического обслуживания и ремонта оборудования;
- необходимый объем складских запасов комплектующих и запасных частей;
- количество инцидентов с оборудованием за период;
- среднее время устранения неисправностей» [23].

«Анализ этих показателей в динамике позволяет выявить направления оптимизации процесса. Однако это лишь верхушка айсберга, поскольку для полноценного анализа процесса технического обслуживания и ремонта оборудования требуется учет гораздо большего количества показателей» [1]. Здесь необходимо рассмотреть две ключевые цепочки процесса: от обнаружения неисправности до ее устранения и от планирования ремонтов до их выполнения. Совмещение проактивного (планового) и реактивного (срочного) управления представляет собой сложную задачу, требующую согласованности между этими цепочками.

«Дополнительные сложности внесет необходимость интеграции процесса технического обслуживания и ремонта оборудования с производственным процессом и процессом закупок. Это требует ряда дополнительных мероприятий в соответствующих направлениях.

Практические меры по совершенствованию процесса технического обслуживания и ремонта оборудования включают в себя:

- приоритизацию оборудования с учетом оценки рисков негативного воздействия от неисправности;

- разработку алгоритмов планирования ремонтов и устранения отказов в зависимости от приоритетов оборудования;
- синхронизацию проактивной и реактивной деятельности в рамках процесса;
- согласование ремонтов с закупками запасных частей, а также с производственными процессами;
- реализацию контроллинга для существующих процессов технического обслуживания и ремонта оборудования» [1].

В рамках процесса технического обслуживания и ремонта оборудования можно выделить два основных управленческих контура – стратегический и тактический.

На стратегическом уровне управления процессом технического обслуживания и ремонта оборудования формируется концепция и основные правила данного процесса, а также осуществляется мониторинг его эффективности. В процессе анализа рассматриваются риски, связанные с бизнесом, количество аварий за предыдущий год, текущие убытки и доступные средства для обеспечения бизнес–непрерывности.

Определяется, какое оборудование требует проактивного обслуживания, а какое является менее критичным. «На данном уровне управления уделяется важное внимание установлению допустимых границ затрат, которые становятся ограничениями для построения логики и методологии процесса технического обслуживания и ремонта оборудования. Производственный процесс вносит серьезное воздействие на процесс технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОРО), поскольку остановка оборудования для ремонта должна согласовываться с периодами минимального спроса, чтобы обеспечить компании достаточные резервы мощности.

Кроме того, важно, чтобы закупки соблюдали строгие сроки, чтобы не нарушать план ремонтов и предотвращать увеличение среднего времени

устранения неисправностей. После разрешения всех стратегических вопросов приступают к оптимизации процесса ТОРО на тактическом уровне» [8].

«На тактическом уровне происходит оперативная обработка неисправностей и выполнение плана ремонтов. Здесь формируются сообщения об отказах, создаются заказы на работы, составляются запросы на закупку запасных частей, а также проводятся сами ремонтные работы. Этот уровень подчеркивает важность логики обработки потока работ и учета всей необходимой информации по оборудованию и персоналу. Тактический уровень также выделяет неотъемлемую необходимость автоматизации процесса ТОРО, начиная с этапа тактического управления» [8].

«Автоматизация процесса технического обслуживания и ремонта оборудования с использованием специализированных ИТ-решений способствует сокращению простоев, снижению затрат на ремонт и повышению эффективности использования оборудования и персонала. Введенный в 90-х годах термин EAM (Enterprise Asset Management — управление активами предприятия, [26]), предложенный аналитической компанией Gartner Group, относится к системам, автоматизирующим процесс ТОРО и управляющим всем жизненным циклом оборудования. Эти системы охватывают разнообразные функции, начиная от проектирования процессов технического обслуживания оборудования, управления поставками, монтажа и предупредительного обслуживания, и заканчивая контролем за ремонтным персоналом, планированием нарядов на работы, учетом расходов на ремонтные работы, управлением запасами на складе и другими важными аспектами» [8].

Статистика внедрения EAM-систем наглядно свидетельствует о чрезвычайно высокой эффективности таких систем, поскольку большинство проектов окупаются в течение менее чем двух лет. Среди характерных результатов значится снижение расходов на ремонтные работы на 20%. «По данным исследований консалтинговой группы A.T. Kearney, компании,

внедряющие EAM–системы, выигрывают важные преимущества, включая увеличение продуктивности в сфере технического обслуживания и ремонта оборудования на 29%, повышение коэффициента готовности на 17%, уменьшение складских запасов на 21%, сокращение случаев нехватки запасов на 29%, увеличение доли плановых ремонтов на 78%, снижение аварийных работ на 31%, сокращение сверхурочных работ на 22%, сокращение времени ожидания запчастей на 29%, а также уменьшение срочных закупок ТМЦ на 29% и получение более выгодных цен на закупаемые ТМЦ на 18% (рисунок 4)» [8].

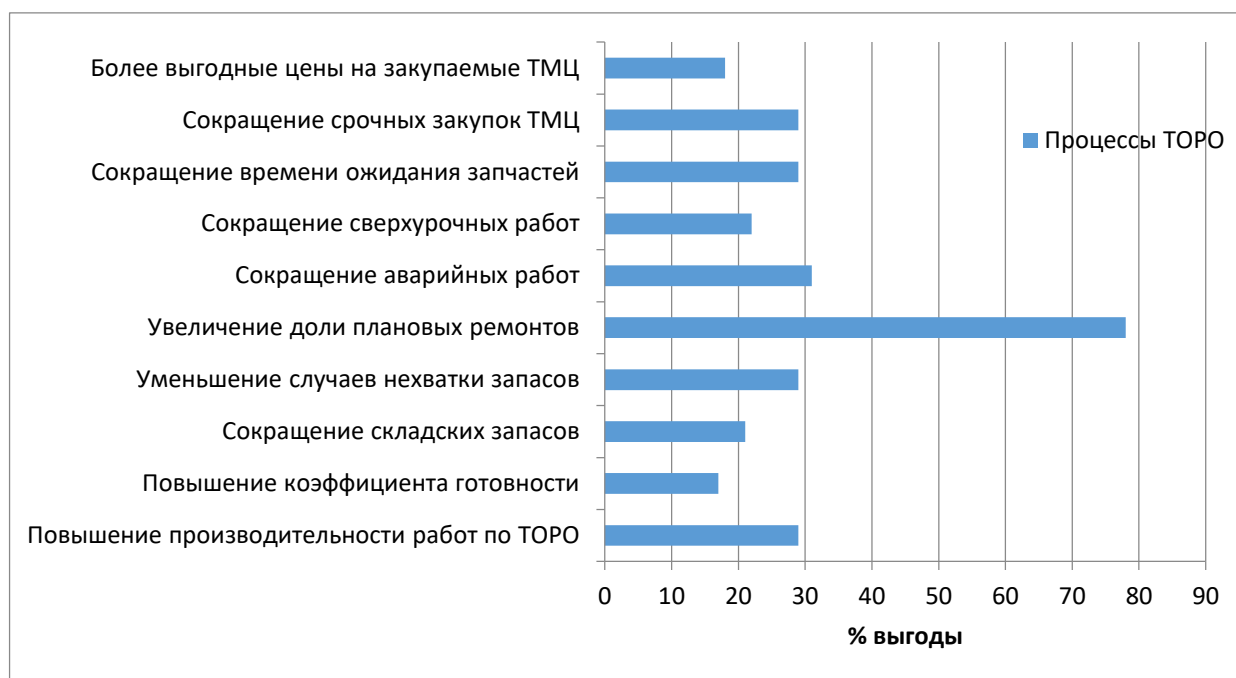


Рисунок 4 – Выгода, получаемая при внедрении EAM–систем

Несмотря на избыток данных в информационных системах, автоматизирующих процессы технического обслуживания и ремонта оборудования, функционал этих систем не всегда предоставляет возможность полноценного рассмотрения текущих этапов процесса. По этой причине компания IDS Scheer создала специализированный инструментарий ARIS Process

Performance Manager (ARIS PPM). «Его цель заключается в реконструкции и всестороннем анализе текущего процесса технического обслуживания и ремонта оборудования с целью выявления направлений дальнейшей оптимизации. Основной фокус в ARIS PPM направлен на анализ процесса с использованием временных, объемных и стоимостных показателей. Такой комплексный анализ предоставляет возможность оценки как логики организации процесса, так и эффективности его участников с учетом данных, содержащихся в EAM–системе. Применение инструментария ARIS PPM для оптимизации процесса технического обслуживания и ремонта оборудования приносит целый ряд преимуществ, таких как уменьшение времени реагирования на неисправности в условиях реактивного управления ремонтами, соблюдение установленных сроков планирования ремонтов, повышение точности планирования, увеличение организационной эффективности участников процесса, снижение числа ошибок и избыточных согласований при планировании ремонтов, а также контроль своевременного выполнения плана ремонтов» [25].

Одним из направлений EAM является бережливое производство.

«Бережливое производство (Lean production, Lean manufacturing) — концепция менеджмента, основанная на неуклонном стремлении к устранению всех видов потерь. Бережливое производство предполагает вовлечение в процесс оптимизации бизнеса каждого сотрудника и максимальную ориентацию на потребителя» [2].

Основой бережливого производства является процесс устранения потерь.

Потери – это любое действие, которое потребляет ресурсы, но не создает ценности для потребителя.

В соответствии с концепцией бережливого производства всю деятельность предприятия можно классифицировать так:

- операции и процессы, добавляющие ценность для потребителя;
- операции и процессы, не добавляющие ценности для потребителя.



Всё, что не добавляет ценности для потребителя, классифицируется как потери, и должно быть устранено.

Виды потерь:

- перепроизводство;
- ожидание;
- ненужная транспортировка;
- лишние этапы обработки;
- лишние запасы;
- ненужные перемещения;
- выпуск дефектной продукции;
- нереализованный творческий потенциал сотрудников.

Также зачастую добавляют ещё два источника потерь:

- неравномерность выполнения работы;
- перегрузка оборудования или операторов.

Последовательность внедрения принципов бережливого производства.

«Необходимо определить, что создаёт ценность продукта с точки зрения конечного потребителя. В организации может выполняться множество действий, которые не важны для потребителя. Только в том случае, когда организация точно знает, что необходимо потребителю, она может определить, какие процессы ориентированы на предоставление потребителю ценности, а какие нет.

Определить все необходимые действия в цепочке производства продукции и устранить потери. Для оптимизации работы и выявления потерь необходимо детально описать все действия от момента получения заказа, до поставки продукции потребителю. За счёт этого можно определить потенциальные возможности для улучшения процессов.

Перестроить действия в цепочке производства таким образом, чтобы они представляли собой поток работ. Действия в процессах необходимо выстроить таким образом, чтобы между операциями не было ожиданий, простоев или иных

потерь. Это может потребовать перепроектирования процессов или применения новых технологий. Все процессы должны состоять из действий, добавляющих ценность продукту.

Делать только то, что необходимо конечному потребителю. Организация должна выпускать только ту продукцию, и в таком количестве, которое необходимо конечному потребителю.

Стремится к совершенству за счёт постоянного сокращения ненужных действий. Реализация системы бережливого производства не может являться разовым мероприятием. Взявшись за внедрение этой системы, необходимо постоянно совершенствовать работу путём поиска и устранения потерь» [5].

Выводы по разделу 1.

В связи с усложнившимся экономическим положением отечественные предприятия обратили внимание на возможность продления срока службы применяемого технологического оборудования вместо приобретения нового. На многих предприятиях систему технического обслуживания и ремонта приходится создавать заново или модернизировать существующую, как на изучаемом в данной бакалаврской работе предприятии по выпуску светотехнической продукции «Луч». На данный момент отсутствует полное понимание процессов и направлений их оптимизации, рекомендуется провести модернизацию технического обслуживания и ремонта оборудования с использованием инструмента ARIS PPM.

## **2 Анализ деятельности предприятия «Волжский светотехнический завод «Луч»**

### **2.1 Краткая характеристика предприятия**

«Организация "Волжский Светотехнический Завод ЛУЧ" специализируется на производстве высокотехнологичного светотехнического оборудования, с основным уклоном на энергосбережение, что ставит ее в ряды передовых предприятий в данной отрасли. Юридический адрес предприятия: 445000, Самарская область, город Тольятти, Вокзальная улица, дом 44, помещение 1» [5], что обеспечивает точное определение местонахождения предприятия в соответствии с законодательством. Основное направление деятельности компании – производство электрических ламп и осветительного оборудования, определяемое в соответствии с Общероссийским классификатором видов экономической деятельности под кодом ОКВЭД 27.40. Дополнительные виды деятельности, такие как производство и торговля спортивными товарами, строительные металлические конструкции, обработка металлов, производство мебели и другие, расширяют сферу влияния предприятия, охватывая различные сектора экономики. Общее количество дополнительных видов деятельности составляет 24, что свидетельствует о многообразии бизнес–практик, реализуемых компанией. Основная миссия предприятия направлена на достижение лидерских позиций на рынке, обеспечиваемых через постоянное совершенствование энергоэффективности выпускаемой продукции, расширение ассортимента и предоставление потребителям качественного оборудования в установленные сроки, что является ключевым фактором успеха в современных условиях бизнеса. Основной целью компании является увеличение объемов производства и продаж светотехнического оборудования, а также расширение своего присутствия на

мировом рынке с использованием передовых разработок в области освещения, что предполагает глобальное стратегическое видение предприятия. При разработке продукции, основными ориентирами являются энергоэффективность и безопасность использования, что определяет основные характеристики выпускаемой продукции и диктует ее принципы. Компания "ЛУЧ" специализируется на производстве светодиодного оборудования с 14 мая 2008 года, что свидетельствует о длительном и успешном опыте работы на рынке, а также о глубоком знании специфики данной отрасли. Фирма зарекомендовала себя как надежный производитель с высокими стандартами качества, что подтверждается рядом факторов, таких как собственное производство на современном оборудовании, внедрение инновационных технологий и постоянный контроль качества продукции, что является ключевым моментом в успешной деятельности предприятия. «Основные преимущества компании включают в себя высокое качество, надежность изготовленной продукции, минимальные сроки производства, высокий уровень квалификации специалистов и верификацию продукции, что подтверждает ее ведущие позиции на рынке и привлекательность для потребителей» [5].

При обсуждении преимуществ организации важно учитывать, как положительные, так и отрицательные стороны использования светодиодного оборудования. Среди преимуществ можно выделить следующие аспекты:

- энергопотребление светодиодов значительно меньше по сравнению с лампами накаливания аналогичной яркости, в среднем восемь раз;
- срок службы светодиодов в 25–30 раз дольше, чем у ламп накаливания;
- светодиодные светильники почти не нагреваются, что обеспечивает низкую температуру;
- предоставляется возможность выбора цвета излучения;

– обеспечивается стабильность яркости при колебаниях напряжения без мерцаний.

Среди недостатков можно выделить следующее:

- для обеспечения требуемого уровня освещения может потребоваться большое количество светодиодов из-за их малой единичной мощности;
- деградация кристалла со временем приводит к потере яркости освещения;
- использование понижающего преобразователя для стабилизации тока приводит к увеличению стоимости изделия;
- свет, излучаемый светодиодами, оказывает влияние на гормон мелатонин, который регулирует сон.

Технико-экономические показатели предприятия ООО «Луч» показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Технико-экономические показатели предприятия ООО «Луч»

Показатели	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Изменение			
				2022–2021гг.		2023–2022гг.	
				Абсолютное изменение (+/-)	Темп прироста, %	Абсолютное изменение (+/-)	Темп прироста, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Выручка, тыс.руб.	674824	834446	1024106	159622	23,6	189660	22,7
Себестоимость продаж, тыс.руб.	556150	624748	871002	68598	12,3	246254	39,4
Валовая прибыль (убыток), тыс.руб.	127899	198384	279547	70485	55,1	81163	40,9
Управленческие расходы, тыс.руб.	54277	79935	99832	25658	47,2	19897	24,8
Коммерческие расходы, тыс. руб.	64641	99047	148997	34406	53,2	49950	50,4
Прибыль (убыток) от продаж, тыс. руб.	14836	26217	69821	11381	76,1	43604	66,3
Чистая прибыль, тыс. руб.	5107	7920	12584	2813	55,1	4664	58,8

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Основные средства, тыс. руб.	19887	23547	25687	3660	18,4	2140	9,1
Оборотные активы, тыс. руб.	282507	326657	369281	44150	15,6	42624	13,0
Численность ППП, чел.	187	193	204	6	3,21	11	5,7
Фонд оплаты труда ППП, тыс. руб.	49771	57822	63528	8051	16,2	5706	9,8
Производительность труда работающего, тыс.руб. (стр1/стр.10)	3608,6	4323,55	5020,12	714,87	19,8	696,57	16,1
Среднегодовая заработная плата рабочего, т.руб (стр.11/стр.10)	266,15	299,59	311,41	33,44	12,6	11,82	3,94
Фондоотдача (стр.1/стр.8)	33,93	35,43	39,86	1,5	4,4	4,53	12,5
Оборачиваемость активов, раз (стр.1/стр.9)	2,38	2,55	2,77	0,17	7,1	0,22	8,6
Рентабельность продаж, % (стр.6/стр.1)·100%	2,19	3,14	6,8	0,95	43,3	3,66	216,5
Рентабельность деятельности, % (стр.6/(стр.2+стр.4+стр.5))·100%	2,19	3,2	6,23	1,01	46,1	3,03	194,6
Затраты на рубль выручки, коп, (стр.2+стр4+стр5)/стр.1)·100коп)	100,03	96,31	93,4	-3,72	-3,7	-2,91	-3,02

Из таблицы 1 видно, что выручка растет на протяжении последних трех лет и в 2023 году составила 1024106 тыс. руб, что на 22,7% выше предыдущего отчетного периода. При этом себестоимость производимой продукции также выросла до значения 871002 тыс. руб или на 39,4% по сравнению с 2022 годом. Это связано со значительным ростом стоимости как материалов, так и комплектующих изделий.

Прибыль от продаж также выросла по сравнению с 2022 годом на 66,3% несмотря на то, что произошло существенное увеличение коммерческих и управленческих расходов, соответственно на 50,4% и 24,8% соответственно. Рост

чистой прибыли на 66,3% считается очень высоким показателем для промышленных предприятий.

Следующим важным показателем деятельности предприятия является показатель производительности труда. Численность сотрудников остается достаточно стабильной за последние три года и изменяется незначительно, и за отчетный период с 2021 по 2023 год выросла всего на 17 человек и достигла отметки в 204 человека. Новые сотрудники понадобились для работы на новом закупленном технологическом оборудовании. Однако несмотря на достаточно стабильный численный состав производительность труда одного работника выросла за последний год на 16,1% и достигла уровня 5020,12 тыс. руб. Такой рост связан с улучшенной производительностью нового оборудования, с привлечением с рынка труда новых сотрудников, взамен уволившихся. Как показывает статистика, производительность ушедших с предприятия рабочих ниже вновь принятых. Возможно, они не справились с интенсификацией труда и не смогли себя перестроить на новые требования как руководства предприятия, так и ситуации в стране в целом, а на рынке труда в частности.

Следующим этапом будет анализ организационной структуры предприятия. Схема приведена Приложении А на рисунке А.1. Представленная схема характеризуется линейно-функциональным управлением, где главным звеном является генеральный директор, которому подчиняются несколько заместителей. Каждый из заместителей отвечает за определенные функциональные области, такие как продажи, технические вопросы и управление персоналом.

Если затрагивать производственную зону, то здесь выделяется семь участков:

- участок пайки;
- участок лазерной резки;
- участок гибки;

- участок сварки;
- участок окраски;
- участок сборки;
- участок упаковки.

Руководителем является начальник производства. На каждом участке закрепляется ответственное лицо, которое руководит другими работниками, а само подчиняется начальнику производства.

## **2.2 Анализ процессов технического обслуживания и ремонта оборудования на ВСЗ «ЛУЧ»**

«Совокупность организационных и технических мероприятий по уходу, надзору, обслуживанию и ремонту должны проводиться по заранее составленному плану с целью предотвращения прогрессивного износа, предупреждения аварий и поддержания оборудования в постоянной эксплуатационной готовности. Данные мероприятия входят в список обязанностей главного механика и его службы, именно они должны обеспечить их реализацию, с помощью системы планово–предупредительного ремонта (далее ППР) и планово–предупредительного осмотра (далее ППО)» [3].

Всего в технологическом процессе изготовления светотехнического оборудования используются 129 единиц оборудования.

«От организации процесса управления ремонтным и техническим обслуживанием оборудования в значительной степени зависит эффективность производственной системы в целом. Простои оборудования из-за ремонта и неисправности, нарушая производственный процесс, ухудшают все экономические и финансовые показатели его деятельности, а снижение точности отрицательно сказывается на качестве выпускаемой продукции. К сожалению, достижение научно–технического прогресса в основном производстве,



усложнение его техники и технологии, насыщение предприятий дорогостоящим оборудованием не внесли существенных изменений в организацию ремонта и технического обслуживания на отечественных машиностроительных предприятиях» [3].

Структура службы главного механика (СГМ) является иерархической (рисунок 5). Основным принципом работы СГМ можно охарактеризовать как «TPM (Total Productive Maintenance (полное производственное обслуживание)) – процесс вовлечения всего персонала для устранения источников потери эффективности машины, чтобы повысить ее надежность и доступность» [30].

Ритмичность работы сборочного производства зависят от эффективности работы технологического оборудования, такого как листогибочный станок, станок лазерной резки и сварки, фрезерный станок, окрасочное оборудование. Простой каждого из них может вызвать остановку процесса сборки светильников.

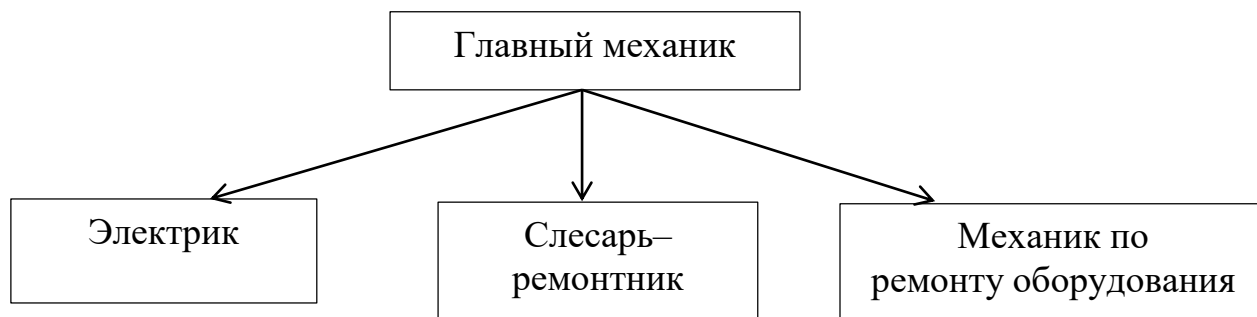


Рисунок 5 – Структура службы главного механика

Выделим семь источников потерь производительности машины:

- простои по поломкам (ERIM);
- микро–остановки и замедления (ERIM);
- смена версии ПО, оснастки (SMED) [29];
- реорганизация, организационные потери (перерывы);
- реорганизация, планированные остановки (TPM);

- дефекты по качеству (QRQC, PDCA) [28];
- управление TRC, нет заказов» [16].

Простои и микро–остановки.

«Простои – это остановка работы предприятия или его подразделения по независящим от работника причинам или по его вине. Простоем считается остановка длительностью 5 и более минут. Зачастую простои приводят к экономическим последствиям» [16].

Что происходит при простое:

- остановка производства;
- остановка замечена другими подразделениями предприятия;
- происходит вмешательство специалиста;
- идет расследование до перезапуска;
- производится идентификация причины;
- определяется возможность получения еще более длительного простоя оборудования.

«Микро-остановка – это временная остановка работы оборудования или отдельного участка производства в связи с человеческим фактором, или не зависящей от человека причины. Микро–остановкой принято считать остановку, длительностью менее 5 минут» [16].

Чем характеризуются микро-остановки [20]:

- производство не остановлено;
- остановка замечена слегка или вовсе не замечена другими подразделениями предприятия;
- вмешательство оператора без привлечения стороннего специалиста;
- перезапуск без искоренения проблемы;
- без идентификации причины;
- малая длительность, частое возникновение.

В 2023 году были зафиксированы следующие микро-остановки:

- поломка инструмента при сборке светильников – 12 шт;
- отсутствие комплектующих – 24 раза;
- низкая квалификация персонала – 8 раз;
- поломка матриц гибочного оборудования – 3 раза.

Микро–остановки в основном вызваны увеличением производственной программы, что привело как к увеличению времени эксплуатации технологического инструмента и оборудования, так и ее интенсивности.

Случаи простоев производства, их причины и последствия за 2023 год сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Простои производства за 2023 год

Оборудование, из–за которого произошел простой	Вызвавшая простой неисправность	Причина возникновения неисправности	Устранение неисправности	Время простоя, ч
Станок лазерной резки	Перетерся шлейф питания всего станка.	Контакт шлейфа с подвижной частью станка	Заказ нового шлейфа на заводе изготовителе станка, его доставка, замена	20
	Мутнение, потрескивание, перегорание линз на лазере. За год потребовали замены 8 линз.	Попадание обратного луча от отражающих материалов	Замены линз на новые из комплекта запасных частей	8
Машина контактной сварки	Отсутствие питания из–за повреждения кабеля питания	Поврежден электриком во время ремонта соседнего оборудования	Покупка кабеля соответствующей марки и сечения. Замена.	6

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Универсальный гибочный станок с ЧПУ	Износ, возникновение трещин в матрице листогиба	Интенсивная эксплуатация	Замена матриц на новые из комплекта запасных частей	4
Компрессор	Недостаточное давление в пневмосети, в результате чего не срабатывал пневмоинструмент для заклепок	Возросшее число потребителей сжатого воздуха	Покупка еще одного компрессора	6
	Недостаточное давление воздуха в окрасочной камере	Возросшее число потребителей сжатого воздуха	Покупка еще одного компрессора	10
	Перегорание ТЭНов в камере полимеризации. За год потребовали замены 5 ТЭНов.	Низкое качество самих ТЭНов и интенсивная эксплуатация окрасочной камеры в графике работы 24/7.	Замена ТЭНов на новые из комплекта запасных частей	5
Пневмоинструмент	Выход из строя головок пневмоинструмента. За год потребовали ремонта или замены 11 головок.	Интенсивная эксплуатация, повышенный износ	Замена головок на новые из комплекта запасных частей	3,6
Итого	–	–	–	62,6

Обобщим показатели ремонтной службы в виде таблиц 3 и 4.

Таблица 3 – Общий показатель внеплановых ремонтов

Технологическое оборудование	Время простоя, мин, по месяцам, по причине поломки оборудования											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Станок лазерной резки	0	60	0	1200	0	120	60	0	120	60	60	0
Универсальный гибочный станок с ЧПУ	120	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0
Машина контактной сварки	0	0	0	0	0	360	0	0	0	0	0	0
Компрессор	30	60	120	30	60	60	240	360	0	0	0	0
Окрасочная камера	60	60	0	0	60	0	60	0	0	0	0	60
Пневмоинструмент	20	20	40	0	20	20	20	60	0	0	0	20
Итого	230	200	160	1230	140	560	380	540	120	60	60	80

Таблица 4 – Микроостановки

Причины остановок	Время простоя, мин, по месяцам, по причине поломки оборудования											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Пневмоинструмент	1	2	0	4	1	0	0	4	0	2	2	0
Поломка оснастки, приспособлений, инструмента	0	2	0	0	0	4	1	1	0	0	1	0
Отсутствие комплектующих	2	4	4	8	0	0	2	12	0	2	2	2
Низкая квалификация	2	4	4	8	2	0	0	0	4	0	0	0
Листогиб	0	4	0	0	0	4	0	0	0	0	2	2
Итого	5	16	8	20	3	8	3	17	4	4	7	4

Так как наибольшая длительность простоя приходится на станок лазерной резки, для примера рассмотрим план производства работ (ППР) для данного вида оборудования (таблица 5).

Помимо внепланового ремонта, выполняется и плановый ремонт технологического оборудования (таблица 6).

Таблица 5 – Годовой план график ППР оборудования на 2023 год

Наименование оборудования	Кол.	Мощность единицы оборудования, кВт	Месяц, год последнего ремонта		Условное обозначение ремонта (осмотр (О), ТО–1, ТО–2, ТР, К)											
			Т	К	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Станок лазерной резки	2	10	10.22	–	О, ТО–1	О, ТО–1	О, ТО–2	О, ТО–1	О, ТО–1	ТР	О, ТО–1	О, ТО–1	О, ТО–2	О, ТО–1	О, ТО–1	ТР
Машина контактной сварки	4	8	05.22	–	О	О, ТО–1	О	О, ТО–2	О	О	ТР	О	О, ТО–1	О	О, ТО–2	О
Универсальный гибочный станок с ЧПУ	2	12	05.22	–	О	О, ТО–1	О	О, ТО–2	О	О	ТР	О	О, ТО–1	О	О, ТО–2	О
Пила отрезная по металлу	2	2	11.22	02.22	О	О	О	О, ТО–1	О	О	О	О, ТО–1	О	О	ТР	О
Сварочный аппарат	2	3	08.22	–	О	О	О	О, ТО–1	О	О	О	О, ТО–1	О	О	О, ТО–2	О
Сверлильный станок	2	1,2	09.22	–	О	О	О	О, ТО–1	О	О	О	О, ТО–1	О	О	О, ТО–2	О
Горизонтальный фрезерный станок с ЧПУ	2	2,3	02.22	–	О	О, ТО–1	О	О, ТО–2	О	О	ТР	О	О, ТО–1	О	О, ТО–2	О
Шлифовальный станок	1	0,8	–	–	О	О	О	О, ТО–1	О	О	О	О, ТО–1	О	О	О, ТО–2	О
Компрессор	2	6	07.22	–	О	О	О	О, ТО–1	О	О	О	О, ТО–1	О	О	О, ТО–2	К
Окрасочная камера	4	16	03.22	10.22	О	О, ТО–1	О	О, ТО–2	О	ТР	ТО–1	О	О, ТО–1	О	О, ТО–2	ТР
Установка SMD монтажа	2	12	10.22	–	О, ТО–1	О, ТО–1	О, ТО–2	О, ТО–1	О, ТО–1	О, ТО–1	О, ТО–1	О, ТО–1	О, ТО–2	О, ТО–1	О, ТО–1	ТР
Пневматический заклепочник	20	–	11.22	–	О	О	О	О, ТО–1	О	О	О	О, ТО–1	О	О	О	О, ТО–1
Аккумуляторный гайковерт	20	0,4	–	–	О	О	О	О, ТО–1	О	О	О	О, ТО–1	О	О	О	О, ТО–1
Пневмопистолет	4	–	–	–	О	О	О	О, ТО–1	О	О	О	О, ТО–1	О	О	О	О, ТО–1
Паяльная станция	10	0,5	07.22	–	О	О	О	О, ТО–1	О	О	О	О, ТО–1	О	О	О	О, ТО–1

Таблица 6 – График ППР станка лазерной резки

Лазерный станок Glory Star	Дата проведения											
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Дата выполнения	27	24	31	28	26	30	28	25	29	27	30	29
Характер работ	ТР	Осмотр	ТР	ТР	Осмотр	ТР	ТР	Осмотр	ТР	ТР	Осмотр	ТР
Объем работ, мин	240	20	120	240	20	120	240	20	120	240	20	120
Комментарий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Для внедрения мероприятий по ремонту и обслуживанию оборудования на предприятии, необходимо понимать необходимость проведения данной работы. Если решение принято, то руководство предприятия издает приказ, который показывает цели предстоящего мероприятия, создается группа по выполнению мероприятия и назначается ответственный человек.

Согласно таблиц 2 и 3, наибольшее время простоя пришлось на станок лазерной резки с неисправностями «Перетерся шлейф питания всего станка» и «Мутнение, потрескивание, перегорание линз на лазере». Для поиска причин данной неисправности применили методику «5 почему». Предварительно были проанализированы причины выхода линзы лазерного станка из строя, представленные в таблице 7. При замене линзы проводился анализ причины выхода из строя линзы, через обнаружения наличия возможных причин (второй столбец таблицы 7). Если причина выявлялась, то это отображается в 4 столбце таблицы 7. Затем «главная» причина проанализирована по методу «5 почему» Результат анализа по методу «5 почему» представлены в таблице 8 и также занесены в таблицу 9. Методика "5 почему" — это систематический подход к поиску и устранению неисправностей, основанный на выявлении корневых причин проблемы. Основной принцип методики заключается в том, чтобы задавать серию "почему?" для выявления истинных причин возникшей

проблемы. При использовании методики "5 причин" необходимо последовательно опрашивать и анализировать информацию, чтобы раскрыть все аспекты проблемы. Этот метод позволяет избежать поверхностного решения проблемы, фокусируясь на ее корнях и предотвращая повторное возникновение аналогичных ситуаций.

Таблица 7 – Анализ причин выхода линзы лазерного станка из строя за 2023 год

Неисправность	Возможная причина	Результат выявления наличия причины на производстве (да/нет)	Количество линз, вышедших из строя по данной причине	Способ устранения
Мутнение, потрескивание перегорание линз на лазере	Из-за неправильного ухода за оборудованием, включая неправильную очистку и хранение линз.	Поверхность линзы была грязной (копоть, нагар)	1	Проведение внепланового инструктажа на тему ухода за линзами лазерного станка, как правильно чистить, хранить
	Неправильное использование лазерного оборудования, такое как работа в условиях повышенной влажности или пыли, может привести к образованию конденсата на линзах, что в свою очередь может вызвать их мутнение	Проверены климатические показатели воздуха в рабочей зоне станка	0	Ежедневное измерение влажности в помещении лазерной резки, при ее повышении немедленно принять меры к нормализации (проветривание, вентиляция, осушение)
	Нарушения в процессе настройки	Проверены настройки и	0	В случае перегорания



Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5
-	и калибровки лазерного оборудования могут привести к неравномерному распределению тепла и перегреву линз, что может вызвать их повреждение	калибровки станка – соответствующим заданным значениям	-	линзы провести внеплановую проверку правильности калибровки лазерного оборудования
	Механическое воздействие на линзу, вызвавшее появление на ней царапин или трещин	Оператор не видел внешних воздействий на линзу	0	–
	Недостаточная вентиляция и охлаждение системы лазерного оборудования также могут привести к перегреву линз и, в результате, их повреждению и перегоранию.	Проверены показатели температуры рабочего инструмента лазерного станка – показатели в норме	0	В процессе эксплуатации контролировать температурный режим работы станка, не допускать его перегрева
	Лазерная резка отражающих металлов, из-за чего в линзу попадает отраженный обратный луч, вызывающий разрушение линзы	Проведена проверка – отражающая поверхность материала выше нормы.	8	Применять материалы, предназначенные для лазерной резки, после согласования с технологической службой

Согласно таблице 7, поломку линзы вызывала резка металла с высокой отражающей поверхностью. Проанализируем ее с применением инструмента «5 почему» в таблице 8.

Таблица 8 – Анализ неисправностей станка лазерной резки по методу «5 почему»

Уровень проблемы: В – возникновение (причина по которой проблема появилась), ОО – отсутствие обнаружения (по какой причине не обнаружили проблему вовремя	Фактор	Анализ коренной причины	Действия	Дата открытия	Дата закрытия
В	Перетерся шлейф питания всего станка	–	–	01.03.2024	28.04.2024
		1 почему?		-	-
		Нет регулярной проверки исправного состояния	Обеспечить регулярность проверок		
		2 почему?			
		Шлейф питания не входит в перечень работ по ППР станка	Внести осмотр шлейфа питания станка в перечень работ по ППР станка		
		3 почему?			
Отсутствуют факторы, по которым шлейф требует периодического обслуживания. Шлейф лежит неподвижно, на него нет механических воздействий.	Проверить правильность расположения шлейфа питания станка согласно плану монтажных работ				
4 почему: «А почему он тогда перетерся?»					

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6
-	-	Во время уборки станка шлейф был перемещен в другое место	Провести внеплановое обучение о культуре производства	-	-
		5 почему?			
		Отсутствовало ограждение места проложения шлейфа	Установить ограждение места проложения шлейфа		
В	Мутнение, потрескивание перегорание линз на лазере из-за попадания отраженного обратного луча лазера	-	-	01.03.2024	28.04.2024
		1 Почему?			
		Материал обладает высокой отражающей способностью	Не использовать для резки материалы с повышенной отражающей способностью		
		2 почему? – Почему поступил заказ на лазерную резку материала с повышенной отражающей поверхностью			
		Есть заказ покупателя	Не выполнять заказы из материалов с повышенной отражающей способностью		
		2 почему? – Почему поступил такой заказ			
Заказ прошел необходимые согласования по соответствующей процедуре	Не допускать заказы, которые могут вызвать повреждение оборудования				

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6
-	-	3 почему? – Почему это произошло		-	-
		Потому что данный заказ был согласован между всеми лицами и отделами, имеющими отношение к данному заказу.	Донести необходимую информацию до всех лиц, имеющих отношение к заказу		
		4 почему? – Почему был согласован данный заказ			
		Потому что доход, полученный от реализации данного заказа, выше расходов по возможной замене вышедшей из строя линзы	Продолжать должное взаимодействие между отделами		

По методике «5 почему» были проанализированы и все остальные причины простоя технологического оборудования, в результате которого выявлены коренные причины неисправностей и определены мероприятия по их устранению, сведенные в таблицу 9.

Таблица 9 – Коренные причины возникновения неисправностей технологического оборудования, выявленные по методу «5 почему»

Наименование оборудования	Фактор	Коренная причина (основная)	Действия
1	2	3	4
Станок лазерной резки	Перетерся шлейф питания всего станка	Отсутствовало ограждение места проложения шлейфа	Установить ограждение

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4
-	Мутнение, потрескивание, перегорание линз на лазере	На линзу воздействуют отраженный обратный луч от материалов с отражающей поверхностью	По возможности для раскрытия материалов с очень высокой отражающей поверхностью (фольга, глянец, зеркальная поверхность) использовать другое технологическое оборудование. Для материалов со средней отражающей поверхностью внимательно следить за настройками резки и чистотой стекол.
Машина контактной сварки	Отсутствие питания из-за повреждения кабеля питания	Низкая культура производства	Проведение внепланового инструктажа
Универсальный гибочный станок с ЧПУ	Износ, возникновение трещин в матрице листогиба	Выход из строя по причине выработки ресурса и накопления остаточных деформаций	Замена матриц на новые из комплекта запасных частей
Компрессор	Недостаточное давление в пневмосети	Мощность потребителей сжатого воздуха превысила возможности имеющегося в наличии компрессорного оборудования	Закупка еще одного компрессора
Окрасочная камера	Перегорание ТЭНов	Выход из строя по причине выработки ресурса и накопления остаточных деформаций, возможно низкий уровень качества ТЭНов	Замена ТЭНов на новые из комплекта запасных частей, смена поставщика и производителя ТЭНов

## Продолжение таблицы 9

1	2	3	4
Пневмоинструмент	Выход из строя головок пневмоинструмента	Интенсивная производственная эксплуатация, повышенный механический износ, работа на больших (максимальных) моментах	Замена головок на новые из комплекта запасных частей, смена поставщика и производителя головок

Важно выявить не только явные причины неисправности, но и скрытые факторы, которые могут лежать в основе проблемы.

После выявления всех пяти причин, необходимо разработать план действий по устранению каждой из них для полного решения проблемы.

Помимо методики «5 причин» для анализа причин простоя применим еще один инструмент, под названием диаграмма Исикава [27].

Используя данный инструмент. Можно более качественно разобраться в первопричинах возникновения простоя, выявляю факторы влияния, которые в той или иной степени являются катализаторами возникновения простоев.

Сама диаграмма представлена в Приложении Б, на рисунке Б.1.

Выводы по разделу 2.

Большое количество длительных простоев, суммарным временем 62,6 часов (3756 минут) в год показывает на необходимость совершенствования процесса обслуживания и ремонта технологического оборудования.

Указанное время не говорит о том, что в это время работа всего предприятия останавливалась. Конечно нет, но сбивался ритм производства, приходилось перенаправлять трудовые ресурсы на другие операции, затем компенсировать время простоя повышением производительности труда или работы в выходной день.

Тех же станков лазерной резки 2 штуки, но при выходе из строя одного из них, второй физически не справлялся с требуемым объемом работ и приходилось заказывать часть деталей на стороне, что приводит к дополнительным финансовым потерям.

Все это негативно сказывается на плане работы завода. Если выделять причины выхода оборудования из строя, основных их две:

- повышение интенсивности труда и увеличение времени работы технологического оборудования из-за значительного увеличения объема выпускаемой продукции, привело к повышенному износу инструмента, увеличению ошибок операторов оборудования, сборщиков;
- низкое качество запасных частей, а в некоторых случаях и самого оборудования, и инструмента.

### **3 Совершенствование процесса ремонта и обслуживания технологического оборудования на ВСЗ «Луч»**

#### **3.1 Разработка мероприятий по совершенствованию процесса ремонта и обслуживания технологического оборудования**

Для снижения простоя станка лазерной резки, с учетом анализа причин появления неисправностей, был переработан регламент технического обслуживания лазерного станка, в который были включены работы по осмотру шлейфа питающего кабеля, проверки целостности и загрязненности защитного стекла, проверка состояния резиновых уплотнителей, вызывающих разгерметизацию оптического тракта (попадание в него пыли и сажи). Оптимизированная карта еженедельного осмотра лазерного станка показана в виде таблицы 10.

Согласно таблице 10, минимальные временные затраты на проведение дополнительных регламентных работ по техническому обслуживанию станка лазерной резки составляют:

- проверка состояния резиновых уплотнителей оптического тракта – 417 сек. или приблизительно 7 минут за смену;
- проверка целостности защитного стекла и фокусирующей линзы – 280 сек. или 5 минут за смену;
- осмотр шлейфа питающего кабеля – 90 с или 1,5 минуты.

Помимо оптимизации карты осмотра, вся информация, полученная во время изучения простоя станка лазерной резки и которая в дальнейшем поможет избежать простоя оборудования, занесем в отчет о «выученных уроках», который оформим в виде таблицы 11 и 12.



Таблица 10 – Оптимизированная карта еженедельного осмотра лазерного станка

Оборудование	Рабочий орган	Инструмент–элемент	Время, t, сек							t <sub>min</sub> , сек	T <sub>отрег</sub> , сек	Колеб (t <sub>max</sub> –t <sub>min</sub> )
			Пн	Вт	Ср	Чет	Пят	Суб	Вос			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Станок лазерной резки	Очистка координатной системы установки	Пылесос – система	298	295	311	255	297	340	244	244	244	96
Станок лазерной резки	Смазка координатной системы установки (через панель смазки)	Смазка – панель	398	438	394	481	396	443	387	387	387	94
Станок лазерной резки	Обработка поверхности защитных гофр координат X и Y силиконовым спреем	Спрей – поверхность защитных гофр	277	299	298	331	295	351	311	277	277	74
Станок лазерной резки	Очистка пылесосом вентиляционных решеток станка	Пылесос – решетки	190	196	204	203	207	180	233	180	180	53
Станок лазерной резки	Переход к следующей группе элементов станка	Переход №1	8	9	6	8	10	7	7	6	6	4
Станок лазерной резки	Проверка целостности защитного стекла и фокусирующей линзы	Оптический прибор – линза и защитное стекло	280	331	294	370	322	311	280	280	280	90

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Станок лазерной резки	Проверка состояния резиновых уплотнителей оптического тракта	Визуально – оптический тракт	417	476	431	519	429	480	419	417	417	102
Станок лазерной резки	Переход к следующей группе элементов станка	Переход №2	8	9	8	7	9	9	9	7	7	2
Станок лазерной резки	Челночный стол: очистка датчиков от загрязнений	Щетка – датчики	211	197	195	194	193	198	191	191	191	20
Станок лазерной резки	Переход к следующей группе элементов станка	Переход №3	7	8	8	6	8	9	9	7	7	2
Станок лазерной резки	Смазка трущихся деталей пневмопривода	Смазка – детали	411	450	402	404	470	496	452	402	402	94
Станок лазерной резки	Переход к следующей группе элементов станка	Переход №4	6	4	4	5	8	4	7	4	4	4
Станок лазерной резки	Осмотр шлейфа питающего кабеля	Визуально – шлейф кабеля	90	96	104	103	107	98	133	90	90	43
Итого			2601	2808	2659	2886	2751	2926	2682	2492	2492	678

Таблица 11 – «Карточка выученного урока» инцидента «Во время работы остановился станок лазерной резки»

Производство	Идентификатор	Событие	
1	2	3	
Заготовительное производство	Изготовление деталей светильников	Изменение графика и плана работы	
Участок лазерной резки	Изготовление заготовок для светильников	Простой станка	
Автор	Саиджалилов Ш.Д.	Ответственный	
<b>Инцидент</b>			
Что было проблемой?			
Что произошло?	Во время работы остановился станок лазерной резки		
Почему это проблема?	Станок не работает		
Когда обнаружено?	Во время рабочей смены		
Кто обнаружил?	Оператор станка лазерной резки		
Где обнаружено?	На участке лазерной резки		
Как было обнаружено?	Станок перестал работать		
Как много было отправлено клиенту?	Не отправлено		
Поиск корневой причины (5 почему?)			
Не работает станок лазерной резки Почему? Нет питания Почему? Перетерся шлейф питающего кабеля Почему? Был контакт с подвижной частью станка Почему? Шлейф кабеля был случайно передвинут Почему? Потому что не имел специального ограждения			
Что мы выучили?			
До		После	
Шлейф кабеля питания не огорожен		Шлейф кабеля питания перемещен на штатное место и огорожен	
Фактор управления		Метод	
Проведение еженедельных осмотров		Что	Осмотр
Критерий		Как	Визуально
Что соответствует?	Станок не может работать при контакте кабеля питания с подвижными частями станка	Кто	Станок

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4
Что не соответствует?	Станок работает даже при наличии контакта кабеля питания с подвижными частями станка	Где	Система электропитания
–	–	Когда	Во время работы

Таблица 12 – «Карточка выученного урока» инцидента «Во время работы остановился станок лазерной резки»

Производство	Идентификатор	Событие
1	2	3
Заготовительное производство	Изготовление деталей светильников	Изменение графика и плана работы
Участок лазерной резки	Изготовление заготовок для светильников	Простой станка
Автор	Саиджалилов Ш.Д.	Ответственный
Инцидент		
Что было проблемой?		
Что произошло?	Станок лазерной резки перестал во время работы резать металл	
Почему это проблема?	Станок не работает, выпуск продукции прекращен	
Когда обнаружено?	Во время рабочей смены	
Кто обнаружил?	Оператор станка лазерной резки	
Где обнаружено?	На участке лазерной резки	
Как было обнаружено?	Станок перестал резать металл, на мониторе управления появилось сообщение об ошибке, визуально отсутствует луч лазера	
Как много было отправлено клиенту?	Не отправлено	
Поиск корневой причины (5 почему?)		
Не работает станок лазерной резки Почему? Нет лазерного луча Почему? Перегорела линза на лазере Почему? Попадание обратного луча от отражающих материалов Почему?		

Продолжение таблицы 12

1	2	3	
Производилась резка металла с высокой отражающей поверхностью Почему? Потому что это было в сменном задании – заказе на производстве Почему? Работник, выдавший задание не знал о высоких отражающих свойствах металла Почему? Из-за недостаточных знаний в данной области			
Что мы выучили?			
До		После	
Линза на лазере может перегореть из-за лазерной резки металла с высокой отражающей способностью		Если оператор станка видит, что металл, который предназначен для резки визуально выглядит «блестящим», он должен перед началом резки дополнительно проконсультироваться с технологом и получить разрешение на выполнение операции. Возможно необходимо произвести кройку материала другим способом, во избежание повреждения линзы лазера.	
Фактор управления		Метод	
Проведение осмотра металла перед лазерной резкой		Что	Осмотр
Критерий		Как	Визуально
Что соответствует?	Станок исправен, лазерный луч сформирован	Кто	Станок
Что не соответствует?	Отражающая способность поверхности металла соответствует рекомендуемым значениям	Где	Стол резки
–	–	Когда	Во время работы

Из карточки выученных уроков на предприятии формируется каталог или база «Выученный урок», материалы которых можно использовать при инструктаже работников станка лазерной резки.

Таким образом, проведенные мероприятия по недопущению повторения простоя станка лазерной резки, должны помочь избежать повторного выхода данного оборудования из строя.

Рассмотрим другие мероприятия, способствующие сокращению простоев оборудования.

После случившегося события в виде простоя, необходимо выяснить причину случившегося и провести с работниками дополнительный внеплановый инструктаж. Для операторов станка лазерной резки инструктаж должен напомнить работнику о следующем:

- действие оператора при возникновении неисправности станка лазерной резки: зафиксировать точное время возникновения неисправности, описать неисправность или ее название мониторе станка, без промедления сообщить об этом событии своему непосредственному начальнику. Цель данного процесса – сокращение продолжительности внеплановых простоев оборудования за счет сокращения времени реагирования на возникшую проблему;
- действие оператора во время проявления каких-либо нестандартных ситуаций во время функционирования станка (появление постороннего шума, повышенная задымленность рабочей зоны, увеличенное количество искр и т.п.). Оператор должен не замалчивать проблему, а немедленно сообщить обо всех нештатных ситуациях (изменениях в работе) своему непосредственному начальнику, а при его отсутствии в службу главного механика. Возможно принять самостоятельное решение о приостановке работы оборудования. Цель данного мероприятия – уменьшить вероятность возникновения крупной поломки оборудования на начальной стадии ее проявления, провести внеплановое техническое обслуживание, что в конечном счете также положительно скажется на сокращении времени простоя оборудования;

– состав и объем ежедневных профилактических осмотров оборудования, напомнить на что стоит обратить более пристальное внимание, что не забыть проверить обязательно, что не забыть убрать или почистить по окончанию смены

– сообщить оператору о результатах расследования по случившемуся простоя, указать на причины его возникновения, сказать о мерах по его недопущению.

Еще одним важным мероприятием можно считать налаживание коммуникаций между отдельными отделами на предприятии и получение обратной связи от работников, занятых на конечной стадии изготовления светильников (резка металла, окраска, пайка и т.д). Как следует из таблиц 2 и 4 большое количество как продолжительных, так и микропростоев связаны с низким качеством запасных частей и комплектующих. В первую очередь, это матричные комплекты листогибочного станка, ТЭНы в окрасочной камере, головки пневмоинструмента, линзы лазерной головки и другие. Не секрет, что в последнее время руководство требует от своих подчиненных снижать себестоимость выпускаемой продукции, снижать производственные издержки. Самый простой путь, это конечно закупить более дешевые материалы, запчасти и комплектующие, что решает поставленную задачу здесь и сейчас, но негативно скажется в будущем, так как некачественные запчасти быстрее изнашиваются и чаще ломаются. Здесь важно поддерживать коммуникацию между службой закупки (купить самое дешевое), службой главного механика (купить самые качественные запчасти), экономической службой (доходы и расходы). Нужна золотая середина, а, чтобы ее выявить, нужна информация о времени работы того или иного оборудования или инструмента, как инструмент себя ведет в работе, как влияет на работников, которые им пользуются, должна вестись статистика по «брендам», поставщикам и ценам.

Также важно для снижения простоев по причине запасных частей и комплектующих, необходимо иметь на складе небольшой запас по всем наиболее часто выходящим из строя позициям. В основном хватает постоянное поддержание двух штук запчастей или комплектов по одной позиции. При установке одной позиции, необходимо тут же сделать заказ на ее приобретение, для поддержания необходимого количества на складе.

### 3.2 Расчет экономической эффективности внедрения мероприятий

«Упущенная выгода – это ожидаемый доход предприятия, который мог быть полученным, если бы не произошла та или иная критическая ситуация» [22].

Упущенная выгода рассчитывается по формуле (1):

$$Y_v = D_{рнп} - Z_m \quad (1)$$

где  $D_{рнп}$  – доход от реализации непроездной продукции (см. таблицу 10);

$Z_m$  – затраты на внедрение мероприятий (таблица 10).

$$Y_v = 176000 - 880 - 9800 - 12600 - 360 = 152360 \text{ руб.}$$

Рассчитаем упущенную выгоду в связи с длительным простоем оборудования по причине прекращения подачи электропитания в станок лазерной резки. Согласно таблице 3, простой составил 1200 минут.

Данные для расчета представлены в таблице 13. Принимаем средние значения:

- стоимость изготовленной детали на лазере 110 руб;
- количество деталей, изготавливаемое на станке за 1 час (60 минут) – 80 шт.

Таким образом, упущенная выгода составляет 152360 руб.



Таблица 13 – Данные для расчета упущенной выгоды

Наименование статьи затрат	Расчет	Стоимость, руб (с НДС)
1. Изготовление заготовок деталей для заготовок	110 руб × 80 шт × 20 часов	176000
Затраты на устранение простоя		
2. Заработная плата менеджера по закупкам	220 руб/час × 4 часа	880
3. Закупка нового кабеля питания у производителя станка	9800	9800
4. Доставка нового кабеля транспортной компанией	12600	12600
5. Заработная плата ремонтника	180 руб/час × 2 часа	360
Итого		152360

Суммарная стоимость мероприятий по недопущению данного вида простоя составила 8110 рублей, в том числе:

- стоимость изготовления ограждения – 2600 руб;
- стоимость установки ограждения – 840 руб;
- составление оптимизированной карты еженедельного осмотра лазерного станка и его печать в нескольких экземплярах – 4420 руб;
- проведение внепланового инструктажа – 250 руб.

«Экономическая эффективность – это результат соотношения показателя доходности предприятия к общим затратам и использованным ресурсам. Если доходность предприятия сравнительно выше затрат, значит главная цель предприятия достигнута. Если же все с точностью до наоборот, то экономический эффект не достигнут и предприятие работает в убыток» [24]. Для ее расчета обобщим данные по простоям до и после внедрения мероприятий по совершенствованию процесса ремонта и технического обслуживания оборудования. Данные сведем в таблицу 14. Принимаем годовой фонд времени работы технологического оборудования в 2023 году при двухсменной работе равным 4140 часов, что соответствует 345 часам в месяц [18].

Таблица 14 – Производственные показатели до и после внедрения мероприятий

Показатель	До	После	Разница
Время простоя оборудования по причине перетиранья кабеля питания, мин	1680	480	-1200
Количество заготовок деталей светильников в месяц, шт	80 шт × 317 часов =25360	80 шт × 337 часов =26960	1600
Готовность оборудования (реальное время работы станка в месяц / планируемое время работы станка в месяц) × 100, %	$[(345-20)/345] \times 100 = 94,2\%$	$[(345-8)/345] \times 100 = 97,7\%$	3,5
Производительность оборудования (общее число изготовленных заготовок / реальное время работы) × 100, %	$(25360 / 325) \times 100 = 76,4\%$	$(25960 / 337) \times 100 = 78,9\%$	1
Общая эффективность оборудования (готовность оборудования × производительность оборудования) × 100, %	$0,942 \times 0,764 \times 100 = 71,9\%$	$0,977 \times 0,789 \times 100 = 77,1\%$	5,2

Проанализировав таблицу 14, можно увидеть, что:

- после внедрения мероприятий время простоя сократилось на 1200 минут;
- ежемесячный выпуск продукции увеличился на 1600 шт;
- готовность оборудования выросла на 3,5%;
- общая эффективность использования станка лазерной резки возросла на 5,2%.

Для определения экономического эффекта после проведения мероприятий заполним таблицу 15.

Рассчитаем экономический эффект (формула 2):

$$Э_{эф} = Э \div З_{вн} \quad (2)$$

где Э – экономический эффект (таблица 12);

$З_{вн}$  – затраты на внедрение мероприятий.

$$Э_{эф} = 74088 / 8110 = 9,13.$$

Таблица 15 – Экономический эффект после проведения мероприятий

Показатель	Сумма	До внедрения мероприятий	Сумма, руб	После внедрения мероприятий	Сумма, руб	Эффект, руб
Затраченные средства на устранение простоя	6,74 руб/мин	1680	11323,2	480	3235,2	8088
Эффект от повышения производительности	110 руб	25360	2789600	25960	2855600	66000
Итого						74088

Экономический эффект после внедрения мероприятий составил 74088 рублей, а экономическая эффективность – 9,13.

Выводы по разделу 3.

После внедрения всех мероприятий показатели предприятия улучшились. Затраченные средства на устранение простоя оборудования снизились, эффект от увеличения производительности вырос. Производительность оборудования выросла на 1%, готовность оборудования увеличилась на 3,5%, а общая эффективность станка увеличилась на 5,2%. Из расчетов видно, что экономическая эффективность составила 9,13, что больше единицы, а значит внедрение мероприятий по совершенствованию процесса ремонта и обслуживания технического оборудования экономически выгодно для предприятия.

## Заключение

В представленной бакалаврской работе проведен анализ проблем, связанных с обслуживанием и ремонтом промышленного технологического оборудования Волжского светотехнического завода «Луч», рассмотрены виды ремонтов и их совершенствование; проведен анализ процессов обслуживания и ремонта технологического оборудования; разработаны мероприятия по совершенствованию процессов и проведен анализ их экономической эффективности.

Актуальность данного исследования проявляется в стремлении оптимизировать процессы ремонта и обслуживания технологического оборудования, предлагая мероприятия, направленные на повышение эффективности данных процессов.

Были выявлены причины выхода оборудования из строя, основных их две:

- повышение интенсивности труда и увеличение времени работы технологического оборудования из-за значительного увеличения объема выпускаемой продукции, привело к повышенному износу инструмента, увеличению ошибок операторов оборудования, сборщиков;
- низкое качество запасных частей, а в некоторых случаях и самого оборудования, и инструмента.

В третьей главе разработаны мероприятия по уменьшению времени простоя станка лазерной резки. Наибольшая длительность простоя данного оборудования произошла по причине отсутствия сетевого питания из-за повреждения питающего кабеля. По методу «5 почему» была выявлена коренная причина этого – отсутствовало ограждение места проложения шлейфа кабеля. Разработаны следующие мероприятия по устранению:

- оптимизирована карта еженедельного осмотра лазерного станка;
- установлено ограждение кабеля питания;

- проведены внеплановые инструктажи.

Суммарная стоимость мероприятий по недопущению данного вида простоя составила 8110 рублей. Упущенная выгода составляет 152360 руб. Были рассчитаны основные производственные показатели до и после внедрения мероприятий:

- после внедрения мероприятий время простоя сократилось на 1200 минут;
- ежемесячный выпуск продукции увеличился на 1600 шт;
- готовность оборудования выросла на 3,5%;
- – общая эффективность использования станка лазерной резки возросла на 5,2%.

После внедрения всех мероприятий показатели предприятия улучшились. Экономический эффект после проведения мероприятий составил 74088 руб. Затраченные средства на устранение простоя оборудования снизились, эффект от увеличения производительности вырос. Производительность оборудования выросла на 1%, готовность оборудования увеличилась на 3,5%, а общая эффективность станка увеличилась на 5,2%. Из расчетов видно, что экономическая эффективность составила 9,13, что больше единицы, а значит внедрение мероприятий по совершенствованию процесса ремонта и обслуживания технического оборудования экономически выгодно для предприятия.

## Список используемой литературы

1. Безуглов А.Е., Кислицына О.А. Ключевые показатели эффективности при проведении технического обслуживания и ремонта оборудования // Вопросы инновационной экономики. – 2019. – Том 9. – № 4. – С. 1501–1514. URL: <https://1economic.ru/lib/41208> (дата обращения: 31.01.2024).

2. Бережливое производство [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Менеджмент качества». URL: [https://www.kpms.ru/General\\_info/Lean\\_Production.htm](https://www.kpms.ru/General_info/Lean_Production.htm) (дата обращения: 02.02.2024).

3. Васин С. Г. Управление качеством. Всеобщий подход : учебник для бакалавриата и магистратуры / С. Г. Васин. — М. : Издательство Юрайт. – 404 с. – Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс: URL: <https://rep.bsatu.by/bitstream/doc/11288/1/ehkonomika-tekhnicheskogo-servisa.pdf> (дата обращения: 19.01.2024).

4. Виды технического обслуживания и ремонта оборудования [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «StudFiles». URL: <https://studfile.net/preview/2953094/page:28/> (дата обращения: 17.01.2024).

5. Волжский светотехнический завод Луч [Электронный ресурс] : Официальный сайт «СВТЗ Луч». URL: <https://vstzluch.ru/> (дата обращения: 27.02.2024).

6. Единая система планово–предупредительного ремонта [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Станок Online» URL: <https://stanok-online.ru/literatura/remont-stankov/1594-edinaya-sistema-planovo-predupreditelnogo-remonta.html> (дата обращения: 10.01.2024).

7. Козырева С.В. Эксплуатация и ремонт нефтегазопромыслового оборудования : пособие по одноим. курсу для слушателей специальности 1–51 02 71 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» заоч.

формы обучения / С. В. Козырева. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – 178 с : URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/212965812.pdf> (дата обращения: 12.01.2024).

8. Коптелов А.А. Как усовершенствовать процесс технического обслуживания и ремонта оборудования. URL: [https://koptelov.info/wp-content/uploads/2016/05/21\\_gen\\_2009\\_09-pd.pdf](https://koptelov.info/wp-content/uploads/2016/05/21_gen_2009_09-pd.pdf) (дата обращения: 01.02.2024).

9. Общая схема производственного процесса ремонта машин [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «StudRef». URL: [https://studref.com/423386/tehnika/obschaya\\_shema\\_proizvodstvennogo\\_protsessa\\_remonta\\_mashin](https://studref.com/423386/tehnika/obschaya_shema_proizvodstvennogo_protsessa_remonta_mashin) (дата обращения: 18.01.2024).

10. Организация производства и управление предприятие [Электронный ресурс] : URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/143995381.pdf> (дата обращения: 15.01.2024).

11. Петрухина Е.Н. Основной подход при классификации затрат на производство продукции (работ, услуг) на предприятии // Вестник НГИЭИ. 2012. №5. : URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnoy-podhod-pri-klassifikatsii-zatrat-na-proizvodstvo-produktsii-rabot-uslug-na-predpriyatii> (дата обращения: 14.01.2024).

12. Правила и порядок осуществления сервисного обслуживания [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Medialibrary Vipaks». URL: <https://vipaks.com/upload/medialibrary/c9d/cncb41om5msveheilgpxeidfh5ryvotd/Pra-vila-i-poryadok-osushchestvleniya-servisnogo-obsluzhivaniya.pdf> (дата обращения: 20.02.2024).

13. Ремонт [Электронный ресурс] : Электронная библиотека «Академик». URL: [https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_tech/1037/%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D1%82](https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_tech/1037/%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D1%82) (дата обращения: 20.03.2024).

14. Ремонт, монтаж, обслуживание технологического оборудования [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Металлообработка-2024».

URL: <https://www.metobr-expo.ru/ru/articles/2016/obsluzhivanie-tehnologicheskogo-oborudovaniya/> (дата обращения: 22.03.2024).

15. Ремонтные циклы и категории ремонтной сложности [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «StudFiles». URL: <https://studfile.net/preview/15925126/page:3/> (дата обращения: 24.03.2024).

16. Семь плюс один вид потерь в бережливом производстве [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Хабр». URL: <https://habr.com/ru/sandbox/139348/> (дата обращения: 05.05.2024).

17. Синельников В. М. Экономика технического сервиса : учебное пособие / В. М. Синельников. – Минск : БГАТУ, 2020. – 248 с : URL: <https://rep.bsatu.by/bitstream/doc/11288/1/ehkonomika-tekhnicheskogo-servisa.pdf> (дата обращения: 19.03.2024).

18. Система планово-предупредительного ремонта [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Оборудование и ремонт». URL: <https://www.webrarium.ru/remont-pp.html>. (дата обращения: 18.03.2024).

19. Текущий, средний, капитальный ремонт электрооборудования [Электронный ресурс] : Официальный сайт завода «СибЭнергоСила». URL: <http://zavodses.ru/services/uslugi-elektromontazhnogo-tsekha/tekushchiy-sredniy-kapitalnyu-remont-elektrooborudovaniya/> (дата обращения: 21.03.2024).

20. Техническое обслуживание оборудования [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Dzen». URL: [https://dzen.ru/a/Yis1XX\\_dxRrM8vTN](https://dzen.ru/a/Yis1XX_dxRrM8vTN) (дата обращения: 08.05.2024).

21. Технологический процесс ремонта деталей [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Dizob.Ru». URL: <http://www.dizob.ru/tehpro.html> (дата обращения: 20.01.2024).

22. Упущенная выгода [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «Моё дело». URL: <https://www.moedelo.org/club/upravlencheskiy-uchet/upushchennaya-vyugoda> (дата обращения: 06.05.2024).



23. Федоров А.В. Методика оценки качества процесса технического обслуживания и ремонта металлорежущих станков // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. №12–1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-otsenki-kachestva-protssessa-tehnicheskogo-obsluzhivaniya-i-remonta-metallorezhushchih-stanokov> (дата обращения: 31.01.2024).

24. Экономическая эффективность [Электронный ресурс] : Информационный ресурс «E-xecutive.Ru». [https://www.e-xecutive.ru/wiki/index.php/%D0%AD%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F\\_%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C](https://www.e-xecutive.ru/wiki/index.php/%D0%AD%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) (дата обращения: 05.05.2024).

25. ARIS Process Performance Manager. Process Analysis Quick Start Guide/Version 10.1. URL: [https://documentation.softwareag.com/ibo\\_bigdata/aris/ppm10-1e/PPM\\_Process\\_Analysis\\_Quick\\_Start\\_Guide.pdf](https://documentation.softwareag.com/ibo_bigdata/aris/ppm10-1e/PPM_Process_Analysis_Quick_Start_Guide.pdf) (дата обращения: 02.05.2024).

26. Enterprise Asset Management overview [Electronic resource] : Information resource «SAP Sapphire». URL: [https://www.sap.com/products/scm/asset-management-eam/what-is-eam.html#:~:text=Enterprise%20asset%20management%20\(EAM\)%20incorporates,management%2C%20through%20to%20asset%20disposal.](https://www.sap.com/products/scm/asset-management-eam/what-is-eam.html#:~:text=Enterprise%20asset%20management%20(EAM)%20incorporates,management%2C%20through%20to%20asset%20disposal.) (дата обращения: 20.02.2024).

27. Fishbone Diagram [Electronic resource] : Information resource «ASQ». URL: <https://asq.org/quality-resources/fishbone> (дата обращения: 20.04.2024).

28. PDCA (Plan Do Check Act) : Information resource «MindTools». URL: <https://www.mindtools.com/as2l5i1/pdca-plan-do-check-act> (дата обращения: 22.04.2024).

29. SMED (Single-Minute Exchange of Dies) : Information resource «Lean Production». URL: <https://www.leanproduction.com/smed/> (дата обращения: 20.04.2024).

30. TPM (Total Productive Maintenance) [Electronic resource] : Information resource «Vipaks.com». URL: <https://vipaks.com/upload/medialibrary/c9d/cncb41om5msveheilgpheidfh5ryvotd/Pravila-i-poryadok-osushchestvleniya-servisnogo-obsluzhivaniya.pdf> (дата обращения: 20.02.2024).

## Приложение А

### Организационная структура ООО «Луч»

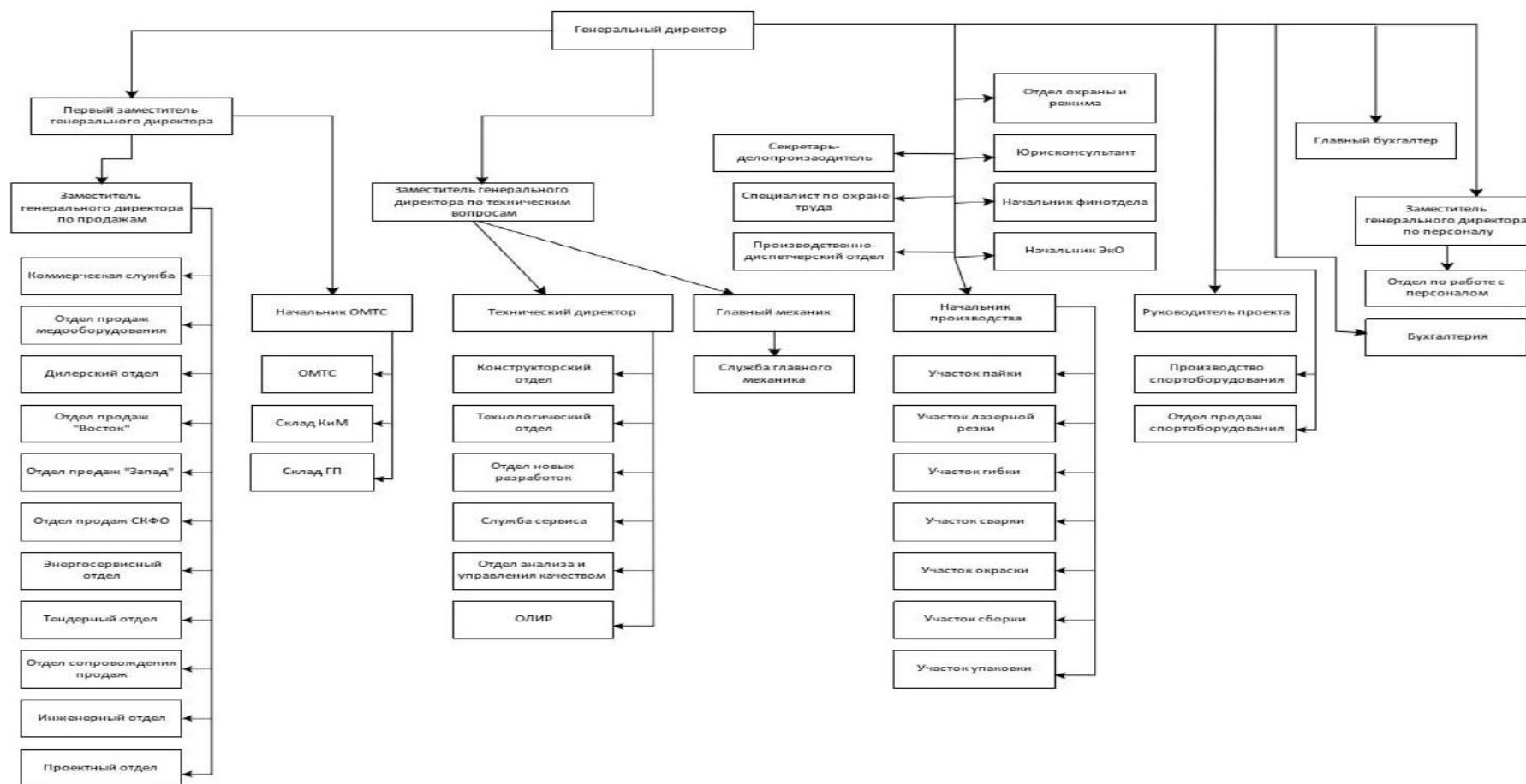


Рисунок А.1 – Организационная структура ООО «Луч»

## Приложение Б

### Диаграмма Исикавы

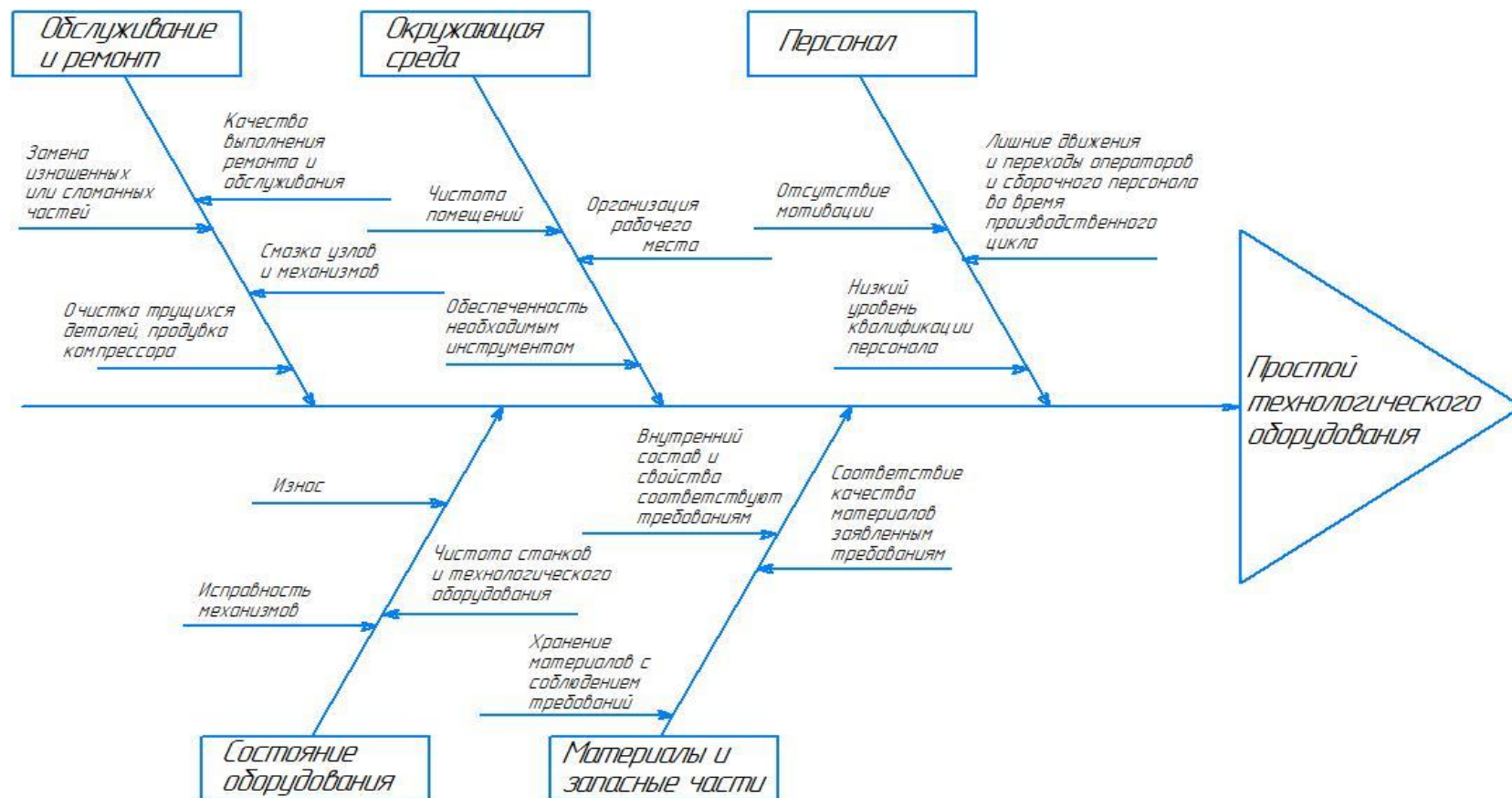


Рисунок Б.1 – Диаграмма Исикавы