

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт управления бизнес-процессами и экономики
Кафедра «Экономика и международный бизнес
горно-металлургического комплекса»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Р.Р. Бурменко
«___» _____ 2016 г

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

27.03.02 - Управление качеством

Разработка и внедрение процессов системы менеджмента качества на основе международного стандарта ISO/TS 16949:2009 (на примере ООО «Джонсон Матти»)

Научный руководитель/
Руководитель _____ доцент кафедры ЭМГМК С.В. Дранишников
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия
Выпускник _____ Д.Е. Качаев
подпись, дата инициалы, фамилия
Консультанты:
Экономическая оценка эффективности _____ Т.И. Юркова
наименование раздела подпись, дата инициалы, фамилия
Нормоконтролер _____ С.В. Дранишников
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2016

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка и внедрение процессов системы менеджмента качества на основе международного стандарта ISO/TS 16949:2009 (на примере ООО «Джонсон Матти»)» содержит 70 страниц текстового документа, 7 приложений, 20 использованных источников, 13 таблиц, 13 формул и 13 рисунков.

АНАЛИЗ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ, РИСКИ, ОТКАЗЫ, ДЕФЕКТЫ, ПРОЦЕСС, КОНСТРУКЦИЯ, ОТЧЕТ, КОМАНДНАЯ РАБОТА, УДОВЛЕТВОРЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЯ, ИНФОРМАЦИЯ, ОБЪЕКТ, ТРЕБОВАНИЯ.

Объект разработки и внедрения – ООО «Джонсон Матти».

Цели разработки внедрения:

- Изучение процесса системы менеджмента качества предприятия «Джонсон Матти», а именно PFMEA-анализа;
- Разработать мероприятия по улучшению данного процесса;
- Внедрение мероприятий по улучшению;
- Оценить эффективность предложенных улучшений

В результате прохождения практики был усовершенствован процесс PFMEA-анализа для предприятия Джонсон Матти Катализаторы.

В ходе работы, был усовершенствован бланк FMEA, используемый на Джонсон Матти. Это позволило получить другой подход к оценке рисков получения неправильных данных лабораторного анализа

Разработана новая таблица с рангами обнаружения, применимая для Джонсон Матт. Разработка данной таблицы повлекла за собой пересчет ПЧР, а также обновления стандарта предприятия JMRU-QP-22_R0 Диаграммы процессов PFMEA и План управления.

Помимо таблицы, в данном стандарте была изменена схема процесса FMEA-анализа.

Так же был выполнен расчет экономического эффекта от внедрения нового бланка FMEA и новой таблицы обнаружения.

Обозначения и сокращения

FMEA (Failure mode and effects analysis) – Анализ видов и последствий потенциальных отказов [1];

СТП – стандарт предприятия;

ПЧР – приоритетное число риска;

SFMEA (FMEA системы)– анализ видов, последствий и причин дефектов системы [1];

DFMEA (FMEA конструкции)– анализ видов, последствий и причин дефектов конструкции [1];

PFMEA (FMEA процесса) – анализ видов, последствий и причин дефектов процесса [1].

QFD – (Quality Function Deployment – технология развертывания функций качества). Метод QFD – это экспертный метод, использующий табличный способ представления данных, причем со специфической формой таблиц, которые получили название "домиков качества" [1].

СОДЕРЖАНИЕ

Обозначения и сокращения	4
Глава 1 Литературный обзор	9
1.1 История FMEA	9
1.2 Общая информация об FMEA	9
1.3 Принципы FMEA	10
1.4 Виды FMEA	11
1.4.1 SFMEA.	11
1.4.2 DFMEA.	12
1.4.3 PFMEA	12
1.5 Жизненный цикл продукции и FMEA	13
1.6 Приоритеты и основные шаги FMEA	14
1.7 Особенности PFMEA	16
1.8 Результаты FMEA	18
1.9 Основные правила применения FMEA	19
1.10 Опыт использования FMEA-анализа в других компаниях	20
1.10.1 Стандарт предприятия	20
Глава 2 Методическая часть	25
2.1 Порядок проведения FMEA	25
2.2 Планирование и подготовка FMEA	26
2.3.1 Команда по проведению FMEA	28
2.3.2 Сбор информации для проведения FMEA	30
2.3.3 Экспертное определение потенциальных дефектов и отказов системы или процессов.	30

2.11.4 Создание полного перечня отказов.....	31
2.3.5 Определение комплексной оценки ПЧР.....	33
2.1.6 Разработка мер по снижению частоты наступления отказов и повышению их обнаружения	36
2.1.7 Проверка достижения заданных значений.....	37
2.1.8 Документирование решений, написание заключения руководителя группы.....	37
2.2 Ожидаемый результат	37
2.3 Автоматизация алгоритма.....	38
2.4 Актуализация FMEA	39
2.4 Выводы.....	39
Глава 3 Практическая часть	41
3.1 Описание предприятия.....	41
3.2 Анализ процесса PFMEA в ООО «Джонсон Матти Катализаторы».....	41
3.3 Выделение нового процесса	42
3.4 Создание таблицы обнаружения	46
3.6 Обновление стандарта предприятия.....	53
3.7 Экономическая оценка эффективности совершенствования процесса PFMEA-анализа	55
3.7.1 Анализ ситуации	55
3.7.2 Предложения по улучшению выявленной проблемы.....	56
3.7.3 Прогноз изменений показателей эффективности процесса ..	56
3.7.4 Разработка экономической модели процесса анализа PFMEA	56

3.7.5 Характеристики процесса	57
3.7.6 Классификация затрат на процесс	57
3.7.7 Построение карты процесса.....	58
3.7.8 Экономическая оценка эффективности улучшения процесса	60
3.7.9 Расчет затрат на улучшение процесса PFMEA-анализа	60
3.7.10 Расчет экономического эффекта	63
3.7.11 Расчет показателей эффективности улучшения процесса ремонта техники.....	64

ВВЕДЕНИЕ

Johnson Matthey - компания тонких химических технологий, специализирующаяся на выпуске катализаторов, драгоценных металлов, сложных химических соединений и технологиях химических процессов.

Производство своих катализаторов Johnson Matthey осуществляет в соответствии со стандартам качества ISO/TS 16949.

Особенностью применения данного стандарта является требование к организациям по обязательному использованию ряда инструментов.

Одним из таких, обязательных к применению инструментов, носит название: FMEA (Failure mode and effects analysis) – Анализ видов и последствий потенциальных отказов. Данная особенность унаследована ISO/TS 16949 от американского стандарта QS-9000. Современные наиболее широко распространенные методики APQP, PPAP, FMEA, SPC, MSA фактически переработанные методики QS-9000 американской автомобильной школы [1]. И на сегодняшний день все крупнейшие автомобильные изготовители требуют от своих поставщиков внедрения и использования стандарта ISO/TS 16949.

Целью данной дипломной работы является совершенствование процесса анализа видов и последствий потенциальных отказов.

Для достижения поставленной цели, необходимо выполнить следующие задачи:

- Изучить правила и особенности методики FMEA;
- Изучить процесс производства катализаторов;
- Разработать мероприятия по улучшению процесса FMEA-анализа;
- Внедрить улучшения;
- Определить экономический эффект от внедренных улучшений

Глава 1 Литературный обзор

1.1 История FMEA

Метод FMEA обязан своим появлением авиационной и космической промышленности. Разработан он был середине 20-го века в США. Применялся он, естественно, сначала только в авиации и космонавтике и естественно первое формализованное нововведение FMEA произошло в США (программа Apollo - разработка NASA проекта по высадке человека на луну).

В дальнейшем FMEA применяют в ядерной и военной промышленности (например, MILSTD-1629A-1984 процедуры для выполнения отказов, последствий и критичности).

С 80-го года 20-го века FMEA начинает применяться в автомобилестроении, а конкретнее на фирме FORD. Сделалось это для того, чтобы повысить надёжность и безопасность автомобилей. Помимо этого FORD использовал FMEA и для улучшения конструкции (*проектирования*) и производственного процесса. А с 88-го года методом начала пользоваться так называемая «Большой Тройки». С 93-го года FMEA стал одним из требований стандартов AIAG и American Society for Quality Control. С 80-х годов FMEA широко применяется в США, Европе и Японии.

Сейчас на большом количестве фирм (особенно в автомобильной промышленности) FMEA является неотъемлемой частью СМК и используется в равной степени не только во внутренних, но и во внешних отношениях, как условие поставки комплектующих изделий [2].

1.2 Общая информация об FMEA

Анализ FMEA можно описать как систематизированную группу операций предназначенных для того, чтобы:

– узнать и оценить потенциальный отказ какого-либо изделия, процесса и его последствий;

- идентифицировать мероприятия, которые могут устранить или уменьшить шанс возникновения потенциального отказа;
- задокументировать процесс.

Это происходит дополнительно к процессу определения того, что можно сделать на уровне проектирования или технологического процесса для удовлетворения [3].

Методика FMEA служит дополнением к процессу проектирования конструкции и технологического процесса для того, чтобы верно ответить на вопрос: а что же нужно сделать, чтобы требования потребителя были удовлетворены?

Удовлетворение требований потребителя, в свою очередь, даёт экономический эффект для предприятия. Это происходит благодаря тому, что FMEA позволяет выявить те дефекты, которые несут наибольший риск возникновения, затем определить потенциальные причины возникновения этих дефектов и разработать корректирующие действия по их исправлению до того, как эти дефекты будут обнаружены потребителем, т.е. достигается главная цель FMEA – повышение качества. Таким образом предприятие сокращает затраты на исправление дефектов [3].

FMEA обобщает выводы специалиста и команды в момент разработки компонента, подсистемы или системы, и при проектировании технологического процесса. Этот системный подход направляет, формализует и документирует умственную работу специалистов при любой разработке. Необходимость применения FMEA возникает из требований:

- заказчиков;
- рынка;
- различных требований по качеству (таких как ISO/TS 16949)

1.3 Принципы FMEA

Применение FMEA опирается на следующие принципы:

Командная работа. FMEA, как правило, осуществляется силами специальной многофункциональной команды экспертов. Эффективность анализа напрямую зависит от профессионального уровня, практического опыта и согласованности действий специалистов [4].

– Иерархичность. Для изделий, изготовление которых является сложным, а также сложных процессов и процессов изготовления сложных технических объектов анализу подвергается не только изделие и (или) процесс, но и его составляющие. Например детали и операции.

– Итеративность. Анализ, явление не разовое. Он проводится заново каждый раз, когда выявляются новые факторы и любые изменения, которые могут повлечь изменения последствий и рисков

– Регистрация данных. Анализ FMEA, а также его результаты, должны быть задокументированы [4].

1.4 Виды FMEA

Непосредственно при применении FMEA необходимо учитывать различные его виды в зависимости от того, на каком этапе находится разработка. Так же необходимо учитывать предмет и подробности анализа технического объекта, хотя следует отметить, что методика проведения FMEA в целом идентична для всех его видов.

1.4.1 SFMEA.

Анализ видов, последствий и причин дефектов системы (SFMEA, FMEA системы) является анализом функционального взаимодействия компонентов системы и их соединений. Проводят SFMEA после разработки концепции системы и ее истолкования. Желательно проводить SFMEA до DFMEA новых компонентов. Для отдельных проектов SFMEA проводится после описания всех функций системы и желательно до. Этот метод

даёт возможность предотвратить ошибки при создании системы и избежать риска появления дефектов при эксплуатации [2].

1.4.2 DFMEA.

DFMEA или FMEA конструкции – анализ видов, последствий и причин отказов (дефектов) конструкции является процедурой анализа первоначально предложенной конструкции технического объекта (изделий, компонентов) и совершенствование данной этой конструкции в ходе работы FMEA-команды. DFMEA осуществляется на этапе разработки или доработки конструкции технического объекта. FMEA конструкции дает возможность предотвращения запуска в производство конструкции, которая была недостаточно отработана. Способствует улучшению конструкции технического объекта, а так же помогает заранее разработать меры в технологии изготовления, для того чтобы предупредить (и) или снизить комплексный риск дефекта [2].

1.4.3 PFMEA

PFMEA или FMEA процесса – анализ видов, последствий и причин дефектов процесса. Данный метод является процедурой анализа первоначально разработанного и предложенного процесса производства и совершенствование данного процесса в ходе работы FMEA команды. FMEA процесса проводят на этапе разработки производственного процесса, что обеспечивает предотвращение внедрения в производство недостаточно отработанных процессов и избежать ошибок при планировании и производстве. Иначе говоря, DFMEA ориентирован на внешние риски FMEA, PFMEA на внутренние риски [2].

1.5 Жизненный цикл продукции и FMEA

Взаимосвязь форм деятельности по обеспечению качества и FMEA в частности, а также этапов жизненного цикла изделий представлена на рисунке 1 [5].

Эту же схему также можно представить иным способом – более развернутым (Приложение А), из чего более наглядно видно место FMEA конструкции и FMEA процесса [5].

Стоит отметить, что в действительности данные этапы проходят последовательно-параллельно, а не параллельно. Подтверждением этого может служить временной график APQP-процесса, который также отражает стадии проекта, хотя и несколько в другом виде (рисунок 2) [5].



Рисунок 1 – FMEA и ЖЦП

Как указано на схемах, приведенных выше, FMEA имеет весьма конкретное место в рамках процессов проектирования и подготовки производства, но на остальных этапах ЖЦП (жизненного цикла продукции) применение FMEA не имеет своего четкого места. Но это вовсе не значит, что особой необходимости применять методику на этих этапах нет. Организация должна сохранить свою задачу по улучшению качества продукции и процессов, а так же удовлетворенности потребителя не отменяется, помня о том, что этого требуют стандарты ИСО. Наибольшей заинтересованностью проведения DFMEA (FMEA конструкции) обладает заказчик

продукта или его пользователь. Так как он не хочет расплачиваться за возможные последствия некачественного продукта и, понимание этого архи важно, так как именно от пользователя зависит успех изготовителя. Собственно, именно поэтому необходимо постоянно мониторить потребителя и изучать его, для совершенствования своей продукции.

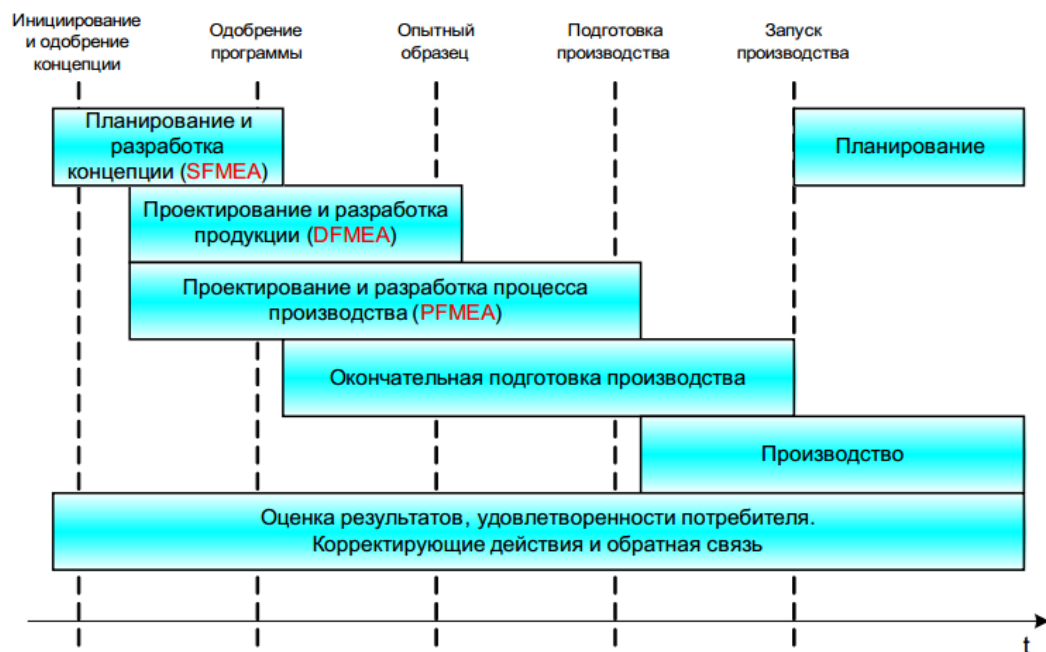


Рисунок 2 – Типовой временный график APQP-процесса

1.6 Приоритеты и основные шаги FMEA

В обязанности FMEA-анализа входит то, что он должен делать риски узнаваемыми и управляемыми. Большинство изделия изготавливаются из большого числа элементов и тем более из различных деталей и узлов. Благодаря этому часто возникают временные трудности выполнения полного FMEA-анализа таких сложных изделий. В таком случае главное верно установить приоритеты при проведении FMEA [5]. Как правило, в таком случае поступают так:

Первый этап.

– Первоначально попадает ли продукт или технологический процесс под один или несколько критериев FMEA (Таблица 1);

– Затем разделяют изделие или процесс на отдельные узлы или операции;

– Далее определяют, какие именно узлы изделия или операции процесса отвечают наиболее часто критериям FMEA – имеют повышенный риск (можно использовать бальную оценку, оценивая по 3-х или 5-ти бальной шкале степень соответствия узла или операции тому или иному критерию и определяя количество баллов по каждому узлу или операции);

– Таким образом, после анализа рисков устанавливаем последовательность приоритетов для проведения FMEA узла или операции процесса. В первую очередь анализируются узлы или операции процессов с особой степенью риска (в случае бальной оценки можно использовать для ранжирования правило Парето);

– Затем, согласно установленной последовательности, проводится FMEA узла или операции.

Второй этап.

– Для обрабатываемого узла составить перечень компонентов со спецификацией (если есть), для операции составляется перечень переходов.

– Выявляем и перечисляем все требования по качеству продукта или процесса (в том числе наличие специальные или ключевые характеристики продукта и процесса, требования к безопасности, надежности, экологии, технологичности и т.п).

– Определяем, какие элементы в особенности должны обеспечивать требования по качеству. Тем самым устанавливается порядок обработки в рамках FMEA.

Это предварительные шаги, последующие действия и последовательность проведения FMEA представлены ниже.

Выбор приоритетов при проведении FMEA возможен также при помощи методологии QFD (см. п. 3.3.2), если эта методология применялась для анализа данного объекта исследования [5].

1.7 Особенности PFMEA

Поскольку завод Джонсон Матти Катализаторы не занимаются конструированием продукции, то FMEA конструкции и системы на данном заводе не проводится, а проводится только FMEA процессов. Поэтому далее более подробно поговорим только об FMEA процессов.

Проводится FMEA процесса на заводе, выполняющем изготовление специальными службами, такими как:

- Служба планирования производства;
- Служба качества.

Помимо вышеперечисленных служб, в проведение FMEA процесса могут участвовать специалисты специализированных отделов завода-производителя, а так же, при необходимости завода потребителя [5].

Целью FMEA процесса является анализ:

- запланированного процесса производства
- монтажа

Это необходимо для соблюдения всех требований по качеству.

FMEA процесса берет свое начало на этапе планирования производственного процесс, выбора необходимого производственного и контрольного оборудования и должно заканчиваться до монтажа серийного производственного оборудования.

FMEA процесса опирается на FMEA конструкции. Если при проведении FMEA конструкции возможная ошибка в технологическом процессе (например, отсутствие отверстия) может быть принята в качестве причины определенного дефекта, то при проведении FMEA процесса эта ошибка фиксируется в качестве возможного конечного дефекта и анализируется

далее, чтобы установить, почему может произойти сбой в технологическом процессе (например, из-за поломки сверла) [4].

При проведении FMEA процесса предполагается, что продукция разработана так, что удовлетворяет целям разработки. Потенциальные дефекты, которые могут возникнуть в производственном процессе из-за недостатков конструкции, могут быть, но не обязательно, включены в FMEA процесса. Их последствиями и их предотвращением нужно заниматься при проведении FMEA конструкции.

С другой стороны, при проведении FMEA процесса не стоит полагаться на изменение конструкции продукта, чтобы преодолеть недостатки процесса, но следует обращать внимание на те характеристики продукции, которые формируются в рамках планируемого процесса изготовления или сборки, чтобы удостовериться, что, до возможной степени, окончательная продукция соответствует потребностям и ожиданиям потребителя [5].

При проведении FMEA процесса может использоваться следующий подход:

1) Выполняется сравнение проекта технологического процесса с перечнем того, что процесс должен и чего не должен делать, т.е. сопоставление с целями разработки процесса. Благодаря четкому пониманию этих характеристик достигается облегчение идентификации видов потенциальных несоответствий. Основные цели проведения FMEA процесса приведены в Приложении Б

2) Разрабатывается карта потока процесса (Приложение В). Данная карта даёт возможность идентифицировать характеристики как продукта, так и процесса, связанные с каждой операцией. Очень важно помнить, что необходимо учитывать результаты соответствующего FMEA конструкции, в части внешних воздействий на конструкцию, если они есть, а также условия протекания процесса. Так же этот этап оставляет возможность для ранжирования операции по степени риска возникновения проблем.

3) Составляется перечень признаков, охватывающий все операции процесса и возможные сбои на каждой из них.

4) Каждый пункт данного перечня, а так же возможные отказы на отдельных операциях обрабатываются и записываются в специальную форму (Приложение Г). Помимо всего прочего отражаются все возможные случаи дефектов, и указывается то, как они повлияли на дальнейшие операции и продукт.

Получение перечня дефектов на стадии проекта процесса также базируется на теоретических знаниях и опыте, получаемом при возникновении подобных случаев на аналогичных технологических процессах [4].

Далее процедура проведения анализа в целом стандартна и изложена во второй главе.

1.8 Результаты FMEA

Основным результатом проведения FMEA является доработанные конструкция продукта и процесс его производства, отвечающие целям разработки и требованиям потребителя. Инструментом же являются те мероприятия по доработке, которые рекомендуются командой FMEA после анализа всех возможных проблем и причин их возникновения. Эти мероприятия принято называть корректирующими или предупреждающими действиями и оценивать их результативность и эффективность. Принцип итеративности, который применяется при FMEA, как раз этому способствует [5].

Важность и необходимость эффективных корректирующих действий крайне трудно дать переоцененную оценку. Собственно по этому крайне важно информировать ответственного инженера о корректирующих действиях, рекомендованных FMEA-командой, информировать и все остальные службы, и в дальнейшем, на их основе, разрабатывать наиболее сбалансированные мероприятия.

Существует несколько способов, с помощью которых ответственный инженер может удостовериться, что рекомендованные мероприятия осуществлены, например:

- с помощью рассмотрения конструкций, процессов и чертежей, для того чтобы убедиться, что рекомендованные действия были внедрены;
- подтвердив внесение изменений в документацию по разработке, сборке, изготовлению;
- рассмотрев FMEA конструкции(процесса) в плане управления.

FMEA должен представлять из себя документ документом, содержащий последний уровень и последние проведенные действия, а также действия (изменения) осуществленные после начала производства [5].

1.9 Основные правила применения FMEA

В качестве обобщения можно привести ряд положений по правильному применению метода FMEA:

- При планировании необходимо намечать точные сроки, когда начинают FMEA конструкции и когда должны быть представлены результаты анализа [6];
- Срок начала FMEA должен быть точно установлен в плане по качеству;
- FMEA проводится только тогда, когда он необходим в силу потенциального риска;
- FMEA процесса проводится обязательно с учетом FMEA конструкции;
- Ответственными за проведение FMEA являются руководители проекта, руководители отделов разработки и подготовки производства.
- Ответственность за результаты FMEA нельзя передавать службе качества, ее должны нести соответствующие специалисты;
- Работа по FMEA – это работа в команде;

Работа по FMEA – это творческая работа. Если преобладает формализм, значит, что-то идет неправильно;

FMEA не заменяет собой другие методы конструирования, а дополняет эти методы;

FMEA и расчетные методы – это не конкурирующие, а дополняющие друг друга методы;

Обучение и тренинг специалистов в команде по ходу дела во время первых заседаний по FMEA часто организует сотрудников в FMEA команду;

На заседания по FMEA приглашаются и участвуют в дискуссиях все охваченные этой работой специалисты;

Служба качества готовит все необходимые материалы, области работы по качеству и листы проверки для мониторинга по работе команды FMEA [7];

Первоначальные и окончательные результаты FMEA не должны попадать в руки заказчика (если это не указано в договоре, например, в рамках процедуры РРАР), и, естественно, нужно предотвращать их получение конкурентами [7].

1.10 Опыт использования FMEA-анализа в других компаниях

FMEA-анализ весьма популярный метод оценки рисков. Данный метод применяют не только предприятия автомобильной промышленности. Для подтверждения этого ниже представлен пример FMEA-анализа металлургического завода «КраМЗ».

1.10.1 Стандарт предприятия

FMEA-анализ на заводе КраМЗ проводят в соответствии со стандартом предприятия AS 7.1-01-2012 УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ

В данном стандарте изложена методика проведения FMEA-анализа, в соответствии с правилами проведения этого анализа.

1 и 2 раздел данного стандарта составляет цель и область применения. 3 раздел – нормативные ссылки.

В 4 и 5 разделе данного стандарта указаны ответственные, а также термины и определения.

В 6 разделе отражены:

- Цели проведения FMEA
- Задачи, решаемые при проведении FMEA
- Случаи проведения анализа
- Различные виды FMEA:
- Состав FMEA – команды и требования к ее членам
- Методика работы FMEA- команд (основные этапы проведения FMEA)
- Критерии для оценки комплексного риска ДЕФЕКТА

В Приложении Д изображен алгоритм работы FMEA команды, из данного стандарта.

Так же в 6 разделе представлены таблицы для определения критериев S, O и D для DFMEA и PFMEA.

С помощью таблиц 1,2 и 3 на заводе КраМЗ определяют баллы значимости, возникновения и обнаружения.

Таблица 1 – Рекомендуемая шкала баллов значимости дефекта S для FMEA производственного процесса

Последствие	Критерии значимости последствия	Балл S
Опасное без предупреждения	Может подвергнуть опасности персонал. Очень высокий ранг значимости, когда вид потенциального дефекта вызывает несоответствие обязательным требованиям и экологии без предупреждения	10

Продолжение таблицы 1

Последствие	Критерии значимости последствия	Балл S
Опасное с предупреждением	Может подвергнуть опасности персонал. Весьма высокий ранг значимости, когда вид потенциального дефекта вызывает несоответствие обязательным требованиям и экологии с предупреждением	9
Очень важное	Большое нарушение производственной линии. Может браковаться до 100% продукции. Изделие не работоспособно. Потребитель очень недоволен.	8
Важное	Небольшое нарушение производственной линии. Может потребоваться сортировка продукции, когда часть ее бракуется. У изделия снижен уровень эффективности. Потребитель неудовлетворен	7
Умеренное	Небольшое нарушение производственной линии. Часть продукции необходимо забраковать (без сортировки). Потребитель испытывает дискомфорт.	6
Слабое	Небольшое нарушение производственной линии. Может потребоваться переделка до 100% продукции. Понижена эффективность изделия. Потребитель испытывает некоторое неудовлетворение.	5
Очень слабое	Небольшое нарушение производственной линии. Может потребоваться сортировка и частичная переделка продукции. Некоторые требования не соответствуют ожиданиям потребителей. Этот дефект замечает большинство потребителей.	4
Незначительное	Небольшое нарушение производственной линии. Может потребоваться переделка части продукции на специальном участке. Некоторые требования не соответствуют ожиданиям потребителей. Этот дефект замечает средний потребитель	3

Окончание таблицы 1

Последствие	Критерии значимости последствия	Балл S
Очень незначительное	Небольшое нарушение производственной линии. Может потребоваться доработка продукции на основной технологической линии. Некоторые требования не соответствуют ожиданиям потребителей. Дефект замечает разборчивый потребитель.	2
Отсутствует	Нет последствия	1

Таблица 2 – Рекомендуемая шкала для выставления балла возникновения О для FMEA производственного процесса.

Вероятность дефекта	Возможные частоты дефектов	Индекс Срк	Балл O
Очень высокая: дефект почти неизбежен	Более 1 из 2	Менее 0,33	10
	Более 1 из 3	Менее 0,33	9
Высокая: ассоциируется с аналогичными процессами, которые часто отказывают	Более 1 из 8	Менее 0,51	8
	Более 1 из 20	Менее 0,67	7
Умеренная: в общем ассоциируется с предыдущими процессами, у которых наблюдались случайные дефекты, но не в большой пропорции	Более 1 из 80	Менее 0,83	6
	Более 1 из 400	Менее 1,00	5
	Более 1 из 2000	Менее 1,17	4
Низкая: отдельные дефекты, связанные с подобными процессами	Более 1 из 15 000	Менее 1,33	3
Очень низкая: отдельные дефекты, связанные с почти идентичными процессами	Более 1 из 150000	Менее 1,50	2
Малая: дефект маловероятен. Дефекты никогда не связаны с такими же идентичными процессами.	Более 1 из 1500000	Менее 1,67	1

Окончание таблицы 2.

Таблица 3 – Рекомендуемая шкала для выставления балла обнаружения В для FMEA производственного процесса.

Обнаружение	Критерии: вероятность обнаружения дефекта при контроле процесса до следующего или последующего процесса или до того, как часть или компонент покинет место изготовления	Балл D
Почти невозможно	Нет известного контроля для обнаружения вида дефекта в производственном процессе	10
Очень плохое	Обнаружение вида дефекта действующими методами контроля возможно случайным образом	9
Плохое	Очень низкая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля	8
Очень слабое	Низкая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля	7
Слабое	Ограниченная вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля	6
Умеренно хорошее	Умеренно высокая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля	4
Хорошее	Высокая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля	3
Очень хорошее	Очень высокая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля.	2
Почти наверняка	Действующий контроль почти наверняка обнаружит вид дефекта. Для подобных процессов известны надежные методы контроля	1

В Приложении Е приведен бланк FMEA стандарта AS 7.1.2-01-2012 завода КраМЗ, а в Приложении Ж пример заполненного бланка FMEA по одному из дефектов.

Глава 2 Методическая часть

2.1 Порядок проведения FMEA

Полный цикл FMEA-анализа состоит из следующих стадий

- Планирование и подготовка FMEA.
- Формирование составов специализированных FMEA-команд;
- Ознакомление с предложенными проектами конструкции и (или) технологического процесса. Структурный и функциональный анализ объекта исследования;
- Определение видов потенциальных дефектов, их последствий и причин;
- Оценка комплексного риска и ранжирование дефектов;
- Определение и внедрение мероприятий по доработке (оптимизации) конструкции и (или) технологического процесса;
- Мониторинг внедренных мероприятий и критериев FMEA.

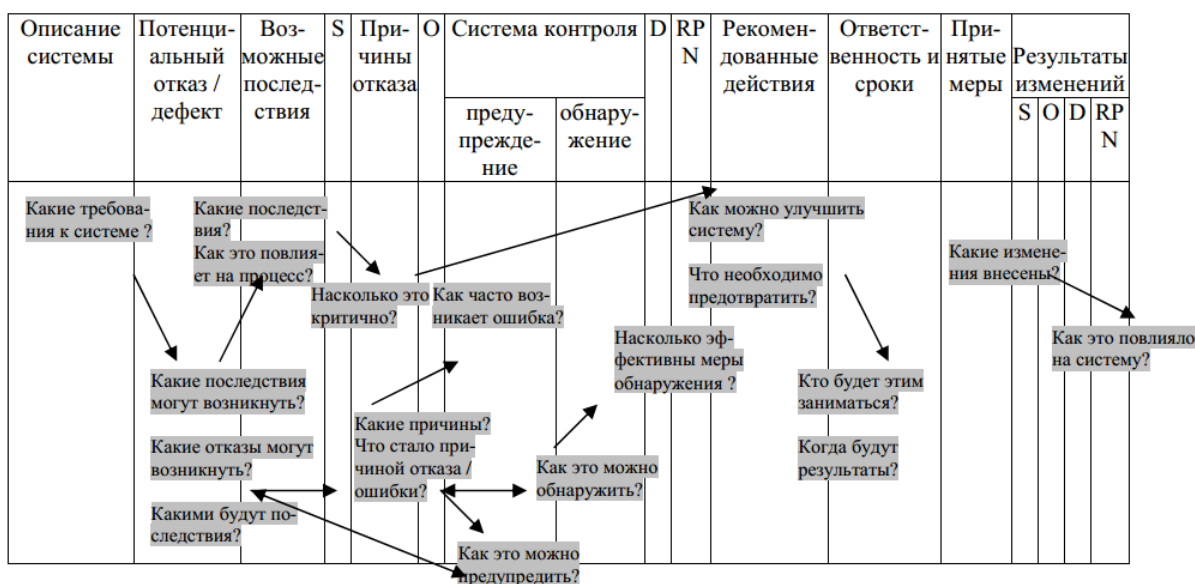


Рисунок 3 – алгоритм с методической точки зрения.

Данный порядок проведения FMEA-анализа четко отражен в большом количестве стандартов и представляет собой алгоритм. FMEA-анализ имеет взаимосвязь с диаграммой потоков процесса и планом управления

процессом. И на рисунке 3 как раз представлена схема алгоритма проведения анализа с методологической точки зрения[8].

Рассмотрим подробнее каждый из этапов анализа, который проводится согласно рисунку 3.

2.2 Планирование и подготовка FMEA

При планировании FMEA можно опираться на положения, которые описаны в пункте 6.3 ГОСТ 27.310.

Обычно FMEA проводят по плану, непосредственно включаемому в План качества (это может быть, например, план или программа подготовки производства, план реализации стадий проекта в рамках APQP-процесса, план улучшения системы качества) или оформленному в виде самостоятельного документа, прилагаемого к Плану качества.

План проведения FMEA должен устанавливать:

- стадии жизненного цикла объекта и соответствующие им этапы видов работ, на которых проводят анализ (в дальнейшем – этапы анализа или этапы);

- виды и методы анализа на каждом этапе со ссылками на соответствующие нормативные документы и методики. При отсутствии необходимых нормативных документов план должен предусматривать разработку соответствующих процедур (например, СТП), с установленным порядком работ и набором необходимых форм записей;

- уровни разукрупнения объекта, начиная с которого (до которого) проводят анализ на каждом этапе;

- –граничные (целевые) значения комплексного риска по каждой группе объектов и их характеристикам (безопасность, функционирование, специальные характеристики продукта и процесса);

- сроки проведения анализа на каждом этапе, распределение ответственности за его проведение и реализацию результатов, сроки, формы и правила отчетности по результатам анализа;

- порядок контроля за проведением и реализацией результатов анализа со стороны руководства предприятия и заказчика (потребителя).

FMEA начинают с возможно более ранних этапов разработки объекта и систематически повторяют на последующих этапах по мере отработки конструкции и технологии изготовления объекта, накопления исходных данных для анализа. При проведении FMEA на последующих этапах разработки должна быть предусмотрена проверка полноты реализации и эффективности мероприятий по доработкам, рекомендованных на предыдущих этапах.

Уровень разукрупнения объекта, начиная с которого (до которого) проводят FMEA, устанавливают, исходя из:

- требуемых результатов анализа;
- степени отработанности конструкторской, технологической и эксплуатационной документации;
- наличия необходимых исходных данных;
- степени новизны конструкции объекта и его составных частей, технологий их изготовления, условий эксплуатации.

При этом, важно помнить, что чем выше уровень отработанности конструкции и технологии изготовления объекта и его составных частей, тем меньший уровень детализации допускается при анализе, и, наоборот, объекты, содержащие принципиально новые конструктивно-технологические решения, построенные на новой элементной базе, требуют углубленного, более детализированного анализа.

Кроме всего, при планировании FMEA, одним из этапов следует установить определение профессионального состава участников команд и

установить потребность в обучении, и, при необходимости, запланировать обучение.

Обязательно произвести оценку затрат на организацию работы команд FMEA (определить потребность в ресурсах) и запланировать их.

Очень важно контролировать выполнение плана FMEA как по срокам, так и по результатам, особенно при реализации проекта. Обычно, в команде имеется ведущий, который вместе с ответственным за FMEA на уровне проекта и представителем конструкторско-технологических служб осуществляют всю организационную подготовку и сопровождение FMEA-анализа [5].

2.3.1 Команда по проведению FMEA

FMEA-команда создаётся в начале разработки проекта и состоять она должна из специалистов разной направленности. Работа данной команды длится от 3 до 6 часов в день в таких условиях, в которых творческая деятельность будет максимальной.

В том случае, если для анализа применяют ПО, то разделение в команде может производиться на контролеров, членов команды с правом просмотра, а так же тех, кто наделен полномочиями вносить изменения в процессе исследования

Применение командного подхода для FMEA используется из за тех преимуществ, которые он в себе несет, а именно таких как:

- Использование большего количества знаний и опыта, чем у одного специалиста;
- Более свободный доступ и использование информации об объекте анализа.
- Значительно быстрее согласовываются и принимаются решения.
- Параллельная работа вместо последовательной и как результат – значительная экономия времени.

- Стимулируется сотрудничество между подразделениями и разрушаются функциональные барьеры.

- Обогащение членов команды новыми знаниями и развитие их творческого потенциала.

- Для максимально продуктивной работы все специалисты, входящие в FMEA-команду должны иметь большой опыт, а также высокую квалификацию. Данный опыт должен говорить нам о том, что специалист проделал значительную работу в прошлом со схожими техническими объектами.

Как правило, рекомендуемы опыт, полученный на практике, должен быть получен в следующих областях:

- конструирование аналогичных технических объектов;
- процессы производства компонентов и сборки;
- технология контроля в ходе изготовления;
- анализ работы соответствующих технологических процессов, возможные альтернативные технологические процессы;
- анализ поведения аналогичных технических объектов в эксплуатации;
- техническое обслуживание и ремонт;
- анализ частоты дефектов и контроля работы соответствующего оборудования и персонала.

Обычно в FMEA-команды включают лица данных специальностей: специальностей:

- конструктор;
- технолог;
- сборщик;
- испытатель;
- контролер.

При необходимости в состав FMEA-команд могут быть привлечены также специалисты с практическим опытом в других областях деятельности [5].

2.3.2 Сбор информации для проведения FMEA

Ответственным за проведение FMEA определяется кто из участников FMEA команды будет собирать информацию для проведения FMEA.

Ведущий определяет, кто в группе собирает и осуществляет предварительный анализ информации для проведения FMEA. Последовательность сбора информации указана в таблице 3 (общая для FMEA процесса и конструкции). В период сбора информации ответственный уточняет, какую именно информацию следует собрать для проведения очередного FMEA.

Количество времени для сбора информации определяет ответственный. Время сбора и обработки информации составляет не менее 6 последних месяцев, либо от предыдущей даты FMEA-анализа по исследуемой проблеме. Предварительно информацию можно получить на бланках, в актах, в виде списков, контрольных карт. Для удобства эти данные следует обработать (это делается ответственным за сбор информации):

- группировать данные по месяцам, по кварталам (по требованию ведущего группировка данных может быть и за другой промежуток времени), построить график по этим данным с линией тренда;
- построение диаграмм или графиков по данным о дефектах;
- представить информацию в структурированном виде (блок-схемы, потоковые диаграммы и т.п.) [5].

2.3.3 Экспертное определение потенциальных дефектов и отказов системы или процессов.

В процессе выявления причин отказов содержится несколько этапов:

- формулирование конкретной исследование потенциальных
- систематизация потенциальных
- сбор и накопление данных
- применение стат. методов для выделения причинно-следственных связей.

- Конкретные инструменты приведены в таблице 4

Таблица 4 – Инструменты, применяемы в процессе выявления потенциальных причин отказов [10].

№	Инструмент	Краткое описание
1	Мозговой штурм	Позволяет команде (рабочей группы) генерировать большое количество идей о причинах отказов/ошибок
2	Диаграмма причин и результатов	Дает возможность команде (рабочей группе) идентифицировать, исследовать и графически отображать с подробностями все возможные причины отказов/ошибок
3	Планирование эксперимента	Метод для одновременного исследования нескольких потенциальных причин несоответствия позволяет команде (рабочей группе) сделать вывод о причинах отказов/ошибок
4	График корреляций	Используется для отражения взаимосвязи между двумя переменными. Обеспечивает возможность проверки причинных связей
5	Диаграмма Гранта	Дает возможность постоянно отслеживать планы мероприятий
6	Диаграмма Парето	Помогает команде (рабочей группе) объективно оценить результаты запланированных мероприятий по улучшению «до» и «после»
7	Цикл PDCA	Обеспечивает постоянное улучшение процессов

Окончание таблицы 4

2.11.4 Создание полного перечня отказов

В рамках данного этапа создается полный список структура отказов, ошибок, сбоев для того, чтобы в дальнейшем детально их проанализировать и обнаружить причины и последствия этих отклонений.

После того, как полный перечень отказов был создан, необходимо помнить о том, что для дальнейшего анализа проблем или работ по эксплуатации, ремонту системы и конечно технического обслуживания, полезной может оказаться абсолютно любая информация.

Именно поэтому подразумевается составлять в процессе анализа структурный перечень отказов и ошибок, опираясь на предложенные в работе классы ошибок [9].

При выявлении потенциальных ошибок определяют и устанавливают условия, в которых они возникают, на какие части распространяются, а так же устанавливаются причины их возникновения[9].

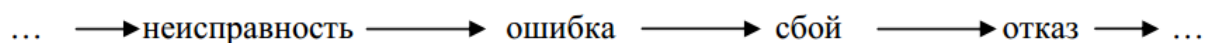


Рисунок 4 – Активация распространения причин

На рисунке 4 изображены стрелки, которые выражают отношение причинной связи между ошибками, сбоями и отказами. После такой интерпретации становится возможной наиболее эффективная оценка последствий от ошибки [8].

Опираясь на методологию, стоит заметить, что для более простого и удобного выявления причин, последствий и отказов, рекомендуется пользоваться комплексной моделью материальных потоков, деревом отказов Fault Tree Analysis (FTA), структурными моделями, функциональными моделями, диаграммами Исикавы.

Данные, которые были получены, вносятся в таблицу, как это изображено на рисунке 5

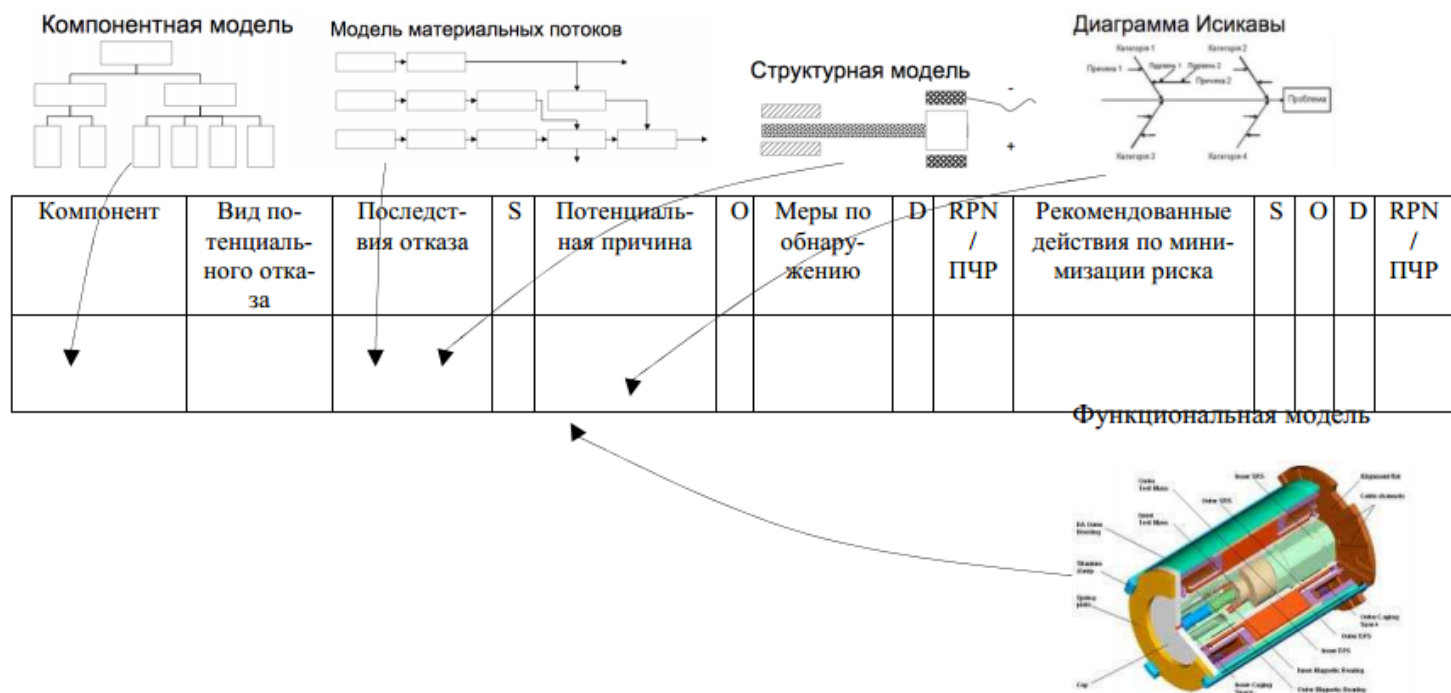


Рисунок 5 – Протокол FMEA анализа.

2.3.5 Определение комплексной оценки ПЧР

По критериям: S, O, D.

В рамках данного метода, оценка возможных отказов осуществляется по трем показателям [11]:

- значимость потенциального отказа S;
- вероятность возникновения дефекта O;
- вероятность обнаружения отказа D

Шкалы, рекомендуемые для оценки данных показателей, приведены в таблицах 5–7 [12].

Число, полученное при перемножении данных факторов, является приоритетным числом риска (ПЧР, RPN) Иначе говоря, количественная оценка отказа с точки зрения его значимости по последствиям, вероятности возникновения и вероятности обнаружения [11,13].

$$ПЧР=S*O*D \quad (1)$$

Любое ПЧР может иметь значение от 1 до 1000. Для ПЧР должен быть заранее установлен критерий R (предельное значение ПЧР).

Рекомендуют задавать [12,13] предельное значение ПЧР в границах $100 < R < 125$. На практике разработчики используют данную методологию уже давно, в особо ответственных случаях можно работать с предельным значением ПЧР в рамках $30 < R < 50$ [14].

Таблица5 – Оценка показателя значимости отказ

Значимость (Severity)		
Ранг	Эффект	Критерий (значимость последствий)
1	Опасно высокий	Отказ создаёт угрозу безопасности жизни людей – опасные последствия
2	Очень высокий	Отказ влияет на безопасное функционирование – полная потеря контроля
3	Высокий	Отказ приводит к полной потере функционирования 100%
4	Средний	Отказ приводит к крайней потере функциональности систем <50%
5	Умеренный	Отказ приводит к значительной потере функциональности системы <30%
6	Низкий	Отказ приводит к частичной потере функциональности системы и значительным изменениям показателей эффективности <10%
7	Очень низкий	Отказ не влияет на функциональность, но приводит к изменениям показателей эффективности <5%
8	Малый	Отказ не влияет на функциональность, но может быть обнаружен в процессе функционирования
9	Очень малый	Отказ не вызывает значительных последствий и не будет обнаружен в процессе функционирования
10	Незначительный	Нет видимых дефектов систем

Таблица 6 – Оценка показателя вероятности возникновения отказа

Возникновение (Occurs)					
Ранг	Вероятность	Возможные доли отказов		C _{pk}	P _{pk}
1	Очень высокая	Чаще 1 раза в день	300000 ppm	<0,33	<0,55
2	Высокая	1 раз в 3-4 дня	100000 ppm	≥0,33	≥0,55
3	Высокая	1 раз в неделю	50000 ppm	≈0,67	≥0,87
4	Высокая	1 раз в месяц	10000 ppm	≈0,83	≥0,86
5	Средняя	1 раз в 3-4 месяца	1000 ppm	≈1	≥0,84
6	Средняя	1 раз в полгода	500 ppm	≈1,17	≥1
7	Средняя	1 раз в год	100 ppm	≈1,33	≥1,1
8	Низкая	1 раз в 2-3года	50 ppm	≈1,67	≥1,2
9	Низкая	1 раз в 3-5 лет	10 ppm	≈2	≥1,3
10	Незначительная	1 раз в 5 лет	<2 ppm	≈2	≥1,67

Таблица 7 – Оценка показателя вероятности обнаружения отказа

Обнаружение (Detections)					
Ранг	Критерий	Тип контроля			Определение
		A	B	C	
1	Невозможно обнаружить			✓	Наличие дефекта не проверяется или не может быть проверено
2	Не будет обнаружено			✓	Элемент выборочно проверяется и оценивается на основе уровня брака
3	Дефект скорее всего не будет обнаружен			✓	Визуальная проверка и оценка на основе отсутствия дефектов
4	Существует вероятность обнаружения			✓	Визуальная проверка в ходе производства
5	Очень низкая вероятность обнаружения		✓	✓	Визуальная проверка на основе примерного экземпляра

Окончание таблицы 7

Обнаружение (Detections)					
Ранг	Критерий	Тип контроля			Определение
		А	В	С	
6	Низкая вероятность обнаружения		✓		Процесс производства контролируется статистически
7	Средняя вероятность обнаружения	✓	✓		Отказ не влияет на функциональность, но приводит к изменению показателей эффективности <5%
8	Высокая вероятность обнаружения	✓	✓		Процесс статистически управляем
9	Очень высокая вероятность обнаружения	✓	✓		Вся продукция проверяется автоматически
10	Вероятность обнаружения ≈100%	✓			Вся продукция проверяется автоматически, и отсутствует вероятность пропуска дефекта

2.1.6 Разработка мер по снижению частоты наступления отказов и повышению их обнаружения

Группа разработчиков проводит ряд изменений в системе выбирает отказы, уровень риск которых можно как-либо сократить, применяет меры для сокращения отказов с высокими показателями риска. Основой для этого служит информация о вероятных отказах, полученная ранее. К мерам для сокращения риска отказов относят:

- Конструкторский изменения
- Внесение резервирования;
- Повышение уровня надежности элементов;
- Изменение алгоритма вычислений;

- Обновление ПО и др.

Изменения должны вноситься с учетом выводов, сделанных на предыдущих этапах анализа (D), и быть направлены на понижение числа ПЧР (RPN).

2.1.7 Проверка достижения заданных значений

Значения ПЧР (или RPN) подвергаются перерасчету. В том случае, если полученные вновь значения соответствуют поставленным целям, то FMEA команда может переходить к выполнению следующего этапа [15].

2.1.8 Документирование решений, написание заключения руководителя группы

В период проведения FMEA данные, полученные рабочей группой, записываются в таблицу.

На данном этапе предусматривается создание базы документации проекта FMEA, а именно:

- Создание заключения конструктора, а также ответственного (руководителя) за проект относительно того, как в дальнейшем будет использоваться система.
- Основываясь на данном заключении, принимается решение о внедрении или использовании данной системы в другом проекте.
- Написание методик для обслуживающего персонала и пользователей.
- Написание инструкций по ТБ [8].

2.2 Ожидаемый результат

Исключение или уменьшение вероятности возникновения потенциальных дефектов и (или) сбоев в системе и процессах ее изготовления на важнейших стадиях ЖЦП. Таких, как ее разработка и подготовка к производству [8].

2.3 Автоматизация алгоритма

Развитие новых технологий способствовало тому, что метод из обычных документов превратился в самостоятельное программное обеспечение (далее ПО). Данное ПО помогает обеспечению высокого качества и надежности системы и (или) процессов

Сейчас существует большое количество программ, разработанных для того, что бы создавать и внедрять FMEA-анализ. Существуют специальные программные комплексы, которые специализированы под один конкретный вид FMEA-анализа, другие – содержат множество модулей и подходят для разработки FMEA-анализа как системы, так и процесса. В качестве примера можно привести следующее ПО:

- XFMEA от ReliaSoft;
- FMEA-Pro от Dyadem;
- FMEA-Med от Dyadem;
- FailureModeAnalyst™ от CCD; Byteworks FMEA Software.

Как правило, ПО, которые было разработано специально для проведения FMEA-анализа, содержит в себе таблицы, шаблоны, указания и много других инструментов, которые облегчают создание и внедрение обновлений в систему документации расширенного планирования.

Определенные программы предлагают пакет решений для создания целостного APQP и/или DVP & R. Специализированное ПО также может содержать ряд других преимуществ по:

- обеспечению безопасности;
- созданию отчетов; – подготовке диаграмм;
- отслеживанию истории обновлений;
- планированию и управлению корректирующими действиями.

Использование специализированного ПО при проведении FMEA-анализа, дает возможность структурировать подход к созданию FMEA-

анализа, организовать работу в команде, а также исключить двойную работу. Сегодня перспективным является интеграция модулей FMEA-анализа в штатные системы планирования ресурсов предприятия – Enterprise Resource Planning System (ERP) [14] компаний разработчиков, что позволяет использовать методику FMEA-анализа в рабочем режиме.

2.4 Актуализация FMEA

FMEA-анализ требует периодического пересмотра. Особенно это важно когда происходят изменения в конструкции или процессе. Но даже не смотря на это должна вестись постоянная работа по улучшению конструкции или процесса.

При актуализации FMEA учитываются новые изменения в изделиях и методах, а также изменения в условиях эксплуатации, правилах ремонта. О необходимости пересмотра FMEA должен быть проинформирован исполнитель, ответственный за актуализацию FMEA. Он уведомляется ответственным за введение или планирование изменений. Стоит отметить, что FMEA это постоянно изменяющийся документ, так как он должен всегда отражать достигнутый уровень конструкции или процесса, равно как все последние проведенные изменения, включая конечно же действия, проведенные после начала серийного производства.

2.4 Выводы

FMEA-анализ хорош как в обеспечении надежности, так и в создании устойчивым к отказам системам, которые должны обладать любые предприятия – разработчики. Данный метод может дать возможность разработчикам снижать риск появления критических ситуаций. Так же FMEA повышает безопасность продукции и, что не маловажно, прост в освоении.

Но эффективным FMEA будет только при выполнении двух условий:

- правильное применение;
- полнота исследования. [15].

Глава 3 Практическая часть

3.1 Описание предприятия

В 2004 году на Красноярском заводе цветных металлов им. Гулидова произошло официальное открытие производства полного цикла по выпуску каталитических вязанных сеток по лицензии «Джонсон Матти». В настоящее время это производство Красцветмета является лидером по поставкам каталитических и уловительных сеток для азотной промышленности России.

В 2008 году «Джонсон Матти» открывает собственное производство по выпуску автомобильных катализаторов в г. Красноярске. Одно из первых предприятий по выпуску высокотехнологичных автомобильных компонентов в рамках реализации программы локализации в российском автопроме. [17].

Однако, спустя год, производство было остановлено на два года и вновь было восстановлено в 2011 году.

3.2 Анализ процесса PFMEA в ООО «Джонсон Матти Катализаторы»

В ООО «Джонсон Матти Катализаторы», в соответствии с ISO/TS 16949 производился FMEA-анализ. На заводе существует внутренний стандарт по FMEA-анализу JMRU-QP-22.

Анализ ведется с 2008 года, на регулярной основе (не реже 2-х раз в год).

Проводится данный анализ рабочей группой, состоящей из 13 человек. В состав данной группы входят специалисты разной направленности. Рабочая группа анализирует все этапы процесса производства автомобильных катализаторов.

Значение рангов значимости, возникновения и обнаружения заносятся в специальный типовой бланк. В данном бланке записаны все этапы

процесса производства автомобильных катализаторов и все возможные отклонения и дефекты.

Стоит отметить, что значимость ООО «Джонсон Матти Катализаторы» оценивают для двух сторон: значимость последствий отказа для себя и значимость последствий отказа для потребителя. А для расчета ПЧР берут наибольшую из двух значимостей.

При оценивании некоторых процессов существуют определенные трудности. Во многие процессы входит лабораторный анализ и, когда очередь оценивания доходит до лабораторного анализа, оценивают не ошибки производства, а ошибки анализа. Такое положение дел часто запутывало участников FMEA-анализа. Поэтому FMEA-команде часто приходилось переключаться с одного процесса на другой, заново вникать. Все это, естественно, увеличивало время проведения анализа.

Оценка рангов осуществляется с помощью таблиц, взятых из ссылочного руководства «Анализ видов и последствий потенциальных дефектов». Таблица по оценке рангов обнаружения не даёт однозначного ранга из-за специфики производства ООО «Джонсон Матти Катализаторы». Это создаёт трудности при оценивании, увеличивает время анализа и увеличивает риск ошибки.

Чтобы снизить данный риск и сократить время анализа необходимо было разработать более понятную и точную таблицу по обнаружению.

Помимо этого, необходимо было выделить в отдельный процесс лабораторный анализ для того, чтобы более чётко определить границы процессов.

3.3 Выделение нового процесса

Проанализировав ситуацию и изучив бланк FMEA-анализа ООО «Джонсон Матти Катализаторы», мною был выделен лабораторный анализ в отдельный процесс. Данную операцию удалось выполнить после того,

как я изучил бланк FMEA-анализа и убедился, что этапы и виды отказов лабораторного контроля одинаковы для всех этапов производства автомобильных катализаторов.

Данная операция включала в себя:

- создание отдельного листа, на котором оценивалось бы ПЧР для процесса лабораторный анализ;
- перенос всех этапов лабораторного анализа и всех несоответствий и отказов данного процесса;
- перенос значений ПЧР.

Выполнение данного мероприятия позволило отделить ошибки анализа от анализа ошибок процесса. В результате границы процесса стали более четкими и риск неправильного понимания снизился. В результате снизилось время на переключение с одного процесса на другой и обратно, а также благодаря тому, что перестали повторяться одни и те же виды несоответствий лабораторного анализа.

На рисунках 6 и 7 наглядно продемонстрировано выделение в отдельный процесс лабораторного анализа. В данном бланке вынесены и оценены такие этапы лабораторного контроля, как входной контроль/определение потерь при прокаливании и контроль БМ - суспензии. Так же вынесены ошибки данных этапов.

Так же стоит добавить, что данное мероприятие позволяет снизить риск неправильной оценки выделяемого процесса (лабораторного анализа). На мой скромный взгляд, получение достоверных результатов анализа крайне важно. Ведь только достоверные данные способны помочь правильно и вовремя среагировать на возможные отказы и отклонения, тем самым принести выгоду предприятию.

Process Failure Mode and Effect Analysis (PFMEA) Анализ видов и последствий потенциальных отказов (PFMEA)										Lab Testing Лабораторный контроль				
		Item / Наименование детали: Catalyst / Автомобильные катализаторы												
		Application / Применение: All Products / Все изделия												
		Customer / Заказчик: All Customers / Все Заказчики												
		Customer Part No / № изделия Заказчика: All / Все												
		Work Team / Рабочая команда: _____												
№ операции	Название процесса / Описание операции	Потенциальный вид отказа	Потенциальное последствие отказа (для потребителя/продукта)	Значимость (потребитель)	Потенциальное последствие отказа (для изготовителя/процесса производства)	Значимость (изготовитель)	Значимость (наибольшая)	Клас.	Потенциальная причина / Механизм отказа	Предотвращение	Возник.	Обнаружение	Обнаруж.	ПЧР
01-2	Входной контроль сырья/ Определение потерь при прокаливании - LOI (анализатор термогравиметрический)	Ошибочный результат LOI: LOI изм. NOK LOI факт. ОК (ошибка 1 рода: ложноположительный результат)	Возможная задержка поставки продукции Заказчику	7	Материал заблокирован. Потеря времени. Задержка пр-ва.	6	7		Нестабильность весов. Дрейф калибровки	ППО и поверка анализатора по графику. Заполнение контр.карт стабильности (КК) еженедельно	2	После получения NOK результата: 1. Проверка стабильности весов анализатора по контрольным образцам с заполнением КК . 2. Измерения на 2м приборе 3. Измерения независимым методом (с прокаливанием в печи)	5	70

Рисунок 6 – первая часть FMEA бланка с лабораторным анализом, выделенным в отдельный процесс

Process Failure Mode and Effect Analysis (PFMEA)										Lab Testing				
Анализ видов и последствий потенциальных отказов (PFMEA)										Лабораторный контроль				
		Item / Наименование детали:		Catalyst / Автомобильные катализаторы										
		Application / Применение:		All Products / Все изделия										
		Customer / Заказчик:		All Customers / Все Заказчики										
		Customer Part No / № изделия Заказчика:		All / Все										
		Work Team / Рабочая команда:												
№ операции	Название процесса / Описание операции	Потенциальный вид отказа	Потенциальное последствие отказа (для потребителя/продукта)	Значимость (потребитель)	Потенциальное последствие отказа (для изготовителя/процесса производства)	Значимость (производитель)	Значимость (наибольшая)	Класс.	Потенциальная причина / Механизм отказа	Предотвращение	Возникл.	Обнаружение	Обнаруж.	ПЧР
02-2	Контроль БМ-суспензии/ Определение содержания твердого - CS (анализатор термогравиметрический)	Ошибочный результат CS: CS изм. Не в расч. NOK			Потеря времени на регулировку параметров суспензии	5	5		Нестабильность весов. Дрейф калибровки	Калибровки CS весов согласно графику. Применение контр. карт	3	Проверка калибровки весов по контрольному графику. Сравнение результатов анализов со Спецификацией на суспензию (ПО участка приготовления	4	60
16		Ошибочный результат CS: CS изм. ОК CS факт. NOK (ошибка 2 рода: ложноотрицательный результат)												

Рисунок 7 – Вторая часть FMEA бланка с лабораторным анализом, выделенным в отдельный процесс

3.4 Создание таблицы обнаружения

Следующим этапом моей работы стала разработка таблицы с баллами обнаружения.

Данная таблица требовала пересмотра в связи с тем, что в ней баллы выбирались, опираясь на метод обнаружения. И один из методов обнаружения брака на заводе, а именно визуальный контроль, по данной таблице, имел больший балл вероятности обнаружения, нежели считали на заводе. По мнению FMEA команды, визуальный контроль более эффективный метод обнаружения, нежели говорила действующая таблица. Об этом говорит опыт этих специалистов.

Ниже представлена старая версия таблицы обнаружения (таблица 8).

Данная таблица, как уже было сказано ранее, была взята ООО «Джонсон Матти Катализаторы» из ссылочного руководства «Анализ видов и последствий потенциальных дефектов». Данная таблица является универсальной и поэтому не могла дать однозначного значения ранга. Поэтому, создание новой таблицы являлось единственным решением данной ситуации.

Таблица 8 – старая версия таблицы обнаружения

Возможность обнаружения	Критерии: Вероятность обнаружения методами управления процессом	Ранг	Вероятность обнаружения	Вид контроля		
				А	В	С
Нет возможности обнаружить	Нет действующих мер управления процессом; не обнаруживается или не исследуется	10	Практически невозможно			
Маловероятно обнаружить на всех стадиях процесса	Вероятность обнаружения вида и/или ошибки (причины) отказа невысокая (например, случайные проверки)	9	Очень отдаленная			X

Продолжение таблицы 8

Возможность обнаружения	Критерии: Вероятность обнаружения методами управления процессом	Ранг	Вероятность обнаружения	Вид контроля		
				А	В	С
Обнаружение проблемы после завершения процесса	Обнаружение вида отказа возможно после завершения процесса оператором с помощью органолептических методов	8	Отдаленная			Х
Обнаружение проблемы в истоме	Обнаружение вида отказа возможно оператором в ходе процесса с помощью органолептических методов или после завершения процесса с помощью контроля по альтернативному признаку (проходной/непроходной калибры, проверка гайковертом вручную/ на станке и т.д.)	7	Очень низкая		Х	Х
Обнаружение проблемы после завершения процесса	Обнаружение вида отказа по завершении процесса оператором с применением контроля по количественному признаку или на месте путем контроля по альтернативному признаку (проходной/непроходной калибры, проверка гайковертом вручную/ на станке и т.д.)	6	Низкая		Х	

Продолжение таблицы 8

Возможность обнаружения	Критерии: Вероятность обнаружения методами управления процессом	Ранг	Вероятность обнаружения	Вид контроля		
				А	В	С
Обнаружение проблемы в истоке	Обнаружение вида отказа или ошибки (причины) на месте оператором с применением контроля по количественному признаку или автоматический встроенный контроль который выявляет несоответствующие детали и предупреждает оператора (свет, звук и т.д.). Калибровка при настройке и проверка первой детали (только для причин настройки)	5	Умеренная		X	
Обнаружение проблемы после завершения процесса	Обнаружение вида отказа после завершения процесса автоматическим контролем, который блокирует несоответствующие детали на месте, чтобы предотвратить их дальнейшую обработку	4	Умеренно высокая	X	X	
Обнаружение проблемы в истоке	Обнаружение ошибки (причины) на месте автоматическим контролем, который блокирует несоответствующие детали на месте, чтобы предотвратить их дальнейшую обработку	3	Высокая	X	X	

Окончание таблицы 8

Возможность обнаружения	Критерии: Вероятность обнаружения методами управления процессом	Ранг	Вероятность обнаружения	Вид контроля		
				А	В	С
Обнаружение ошибки и/или предупреждение проблемы	Обнаружение ошибки (причины) на месте автоматическим контролем и предотвращение производства отличающейся детали	2	Очень высокая	Х	Х	
Обнаружение не требуется; ошибки предотвращаются	Предупреждение ошибки как результат проектирования оснастки, станков или деталей. Несоответствующие детали не производятся, поскольку изделие предохранено от ошибок при проектировании продукта/процесса	1	Почти наверняка	Х		

Посоветовавшись со специалистами и получив от них необходимую информацию, мною была разработана новая версия таблицы обнаружения (таблица 9)

Таблица 9 – новая версия таблицы обнаружения

D	Обнаружение – запланированное действие для того, чтобы предотвратить потенциальную причину и/или отказ, который вероятно повлиял бы на последующий процесс.	P3
1	Отказ имеет очень низкую вероятность того, что его не обнаружат до последующего процесса Различные процедуры проверки или события, которые делают невозможным продолжение процесса производства или сборки, наверняка остановят сбой производства. Примеры: -100% автоматический осмотр, процессы калибровки и изолирование несоответствий эффективным способом;	0-0,1%

Продолжение таблицы 9

D	Обнаружение – запланированное действие для того, чтобы предотвратить потенциальную причину и/или отказ, который вероятно повлиял бы на последующий процесс.	P3
	-РОКА-ЮОКЕ, в ситуации, когда абсолютно невозможен дальнейший процесс производства; -функциональные характеристики; -функциональные характеристики легко обнаруживаются (отсутствует рулевое колесо, автомобиль не заводится и т.д.)	
2	Отказ имеет низкую вероятность того, что его не обнаружат	0,1-0,2%
3	Различные процедуры проверки или события, которые делают невозможным продолжение процесса производства или сборки, весьма вероятно обнаружат неисправность. Примеры: - Лабораторный контроль; - Статистический контроль или управление процессом + план установки технического обслуживания; - простой осмотр изделий оператором; - дефектоскоп, который может позволить пройти нескольким отказам на последующий этап, и т.д.	0,2-0,3%
4	Отказ имеет умеренную вероятность того, что его не обнаружат	0,3-0,5%
5	Различные процедуры проверки или события, которые делают невозможным продолжение процесса производства или сборки, не могут эффективно обнаруживать неисправности.	0,5-1%
6	Примеры: - Осмотр с соответствующей частотой, с контролем производства; -100% ручной проверки, при которой трудно определить те или иные дефекты; -Процесс изготовления позволяет дефектам пройти довольно легко	1-2%
7	Отказ имеет высокую вероятность того, что его не обнаружат	2-3%
8	Различные процедуры проверки или события, которые делают невозможным продолжение процесса производства или сборки, не обнаруживают отказ. Примеры: -Контроль путем отбора проб, некорректно применённый размер выборки; -Субъективный контроль (осмотр) несоблюдаемых характеристик; -Несоответствия, которые не могут быть легко обнаружены;	3-5%

Окончание таблицы 9

D	Обнаружение – запланированное действие для того, чтобы предотвратить потенциальную причину и/или отказ, который вероятно повлиял бы на последующий процесс.	P3
	-Неэффективное обнаружение: осмотр может работать правильно, но несоответствующие части могут быть смешаны с соответствующими.	
9	Отказ имеет очень высокую вероятность того, что его не обнаружат	5-10%
10	Дефекты не обнаруживаются в процессе изготовления, сборки или контроля. Примеры: - потенциальные неисправности детали/автомобиля, которые не могут быть обнаружены при нулевом пробеге.	10-100%

Данная таблица позволят гораздо применимее для Джонсон Матти, чем предыдущая. Позволяет гораздо быстрее и легче определить ранг обнаружения, что в свою очередь дает экономию времени.

3.5 Переоценка PFMEA

Появление новой таблицы обнаружения подвигло на переоценку ПЧР по всем процессам. Ориентируясь на новую таблицу, были изменены ранги обнаружения и, как следствие, ПЧР.

Текущий контроль		Обнаруж.	ПЧР	ЗхВ	Рекомендуемые коррект. д		
Предотвращение	Обнаружение				Y / N	Корректирующие действия	Re: p
Система учёта тулингов	Контрольный лист на линии	7	98	14	N		
Обучение персонала по инструкции	Контрольный лист на линии	6	84	14	N		
ТО, Поверка/ Калибровка весов, ячеек согласно графику. Контрольные карты	PDT система (Рока Yoke), контрольные карты	5	135	27	N		
Перевзвешивание блока	Отсутствует значение показателя веса блока	5	90	18	N		
Обучение персонала по инструкции	Испытание готовой продукции, LIMS	5	80	16	N		
Контрольный лист							

Рисунок 8 – Значения рангов обнаружения и значений ПЧР оцененных по СТАРОЙ таблице обнаружения

Текущий контроль		Обнаруж.	ПЧР	ЗxB	Рекомендуемые коррект. д.	
Предотвращение	Обнаружение				Y /N	Корректирующие действия
Система учёта тулингов	Контрольный лист на линии	5	70	14	N	
Обучение персонала по инструкции	Контрольный лист на линии	5	70	14	N	
ТО, Поверка/ Калибровка весов, ячеек согласно графику. Контрольные карты	PDT система (Рока Yoke), контрольные карты	4	108	27	N	
Перевзвешивание блока	Отсутствует значение показателя веса блока	4	72	18	N	
Обучение персонала по инструкции Контрольный лист	Испытание готовой продукции, LIMS	4	64	16	N	

Рисунок 9 – Значения рангов обнаружения и значений ПЧР оцененных по НОВОЙ таблице обнаружения

На рисунке 8 представлены бланки со старыми рингами обнаружения и значениями ПЧР, а на рисунке 9 с новыми рангами обнаружения и значениями ПЧР.

На данном бланке оценены следующие этапы процесса изготовления автомобильных катализаторов:

- Настройка линии;
- Загрузка субстратов/блоков, визуальный контроль;
- 2D DMC внутренняя маркировка и контроль (если применимо);
- OEM DMC маркировка и контроль (если применимо);
- Сушка;
- Обжиг;
- Контроль закупоренных ячеек
- Маркирование
- (если применимо)
- Эtiquетирование (если применимо)

Для каждого этапа вынесены возможные отказы о дефекты.

Посмотрев рисунки 8 и 9, можно увидеть тенденцию при пересчете ПЧР. Проставив ранги обнаружения по новой таблице, в большинстве своём, ПЧР стало уменьшаться.

3.6 Обновление стандарта предприятия

Появление новой таблицы так же подвигло и на обновления стандарта предприятия JMRU-QP-22 Диаграммы процессов PFMEA и План управления. В данный стандарт были внесены следующие изменения:

- Обновление таблицы обнаружения;
- Изменение схемы процесса.

Что касается таблицы, то она была заменена на вновь разработанную, как и схема процесса.

Схема процесса в данном стандарте представлена на рисунке 10 и назвать ее схемой очень трудно. Поэтому мною была разработана новая схема процесса, которую можно увидеть на рисунке 11.

Ответственность	Номер раздела	Деятельность	Документы
Межфункциональная команда, руководитель СК	7.2	Разработка PFD, PFMEA, PCP. Идентификация специальных характеристик	JMRU-QP-11
	7.3		JMRU-CP-09
	7.4		JMRU-CP-10.XXX JMRU-CP-20.XXX JMRU-CP-30.001
Межфункциональная команда, руководитель СК	7.5	Пересмотр и актуализация PFD, PFMEA, PCP. Пересмотр плана реагирования и специальных характеристик	JMRU-QP-11
			JMRU-CP-09 JMRU-CP-02 JMRU-CP-10.XXX JMRU-CP-20.XXX JMRU-CP-30.001
Ответственные за разработку и выполнение КД	7.5	Выполнение КД по плану реагирования	JMRU-QP-08 JMRU-CP-30.001
Руководитель СК, внутренний аудитор	7.5	Внутренние аудиты PFMEA, PCP	JMRU-QP-06 JMRU-QP-08 JMRU-CP-10.XXX JMRU-CP-20.XXX JMRU-CP-30.001

Рисунок 10 – старая схема процесса [18]

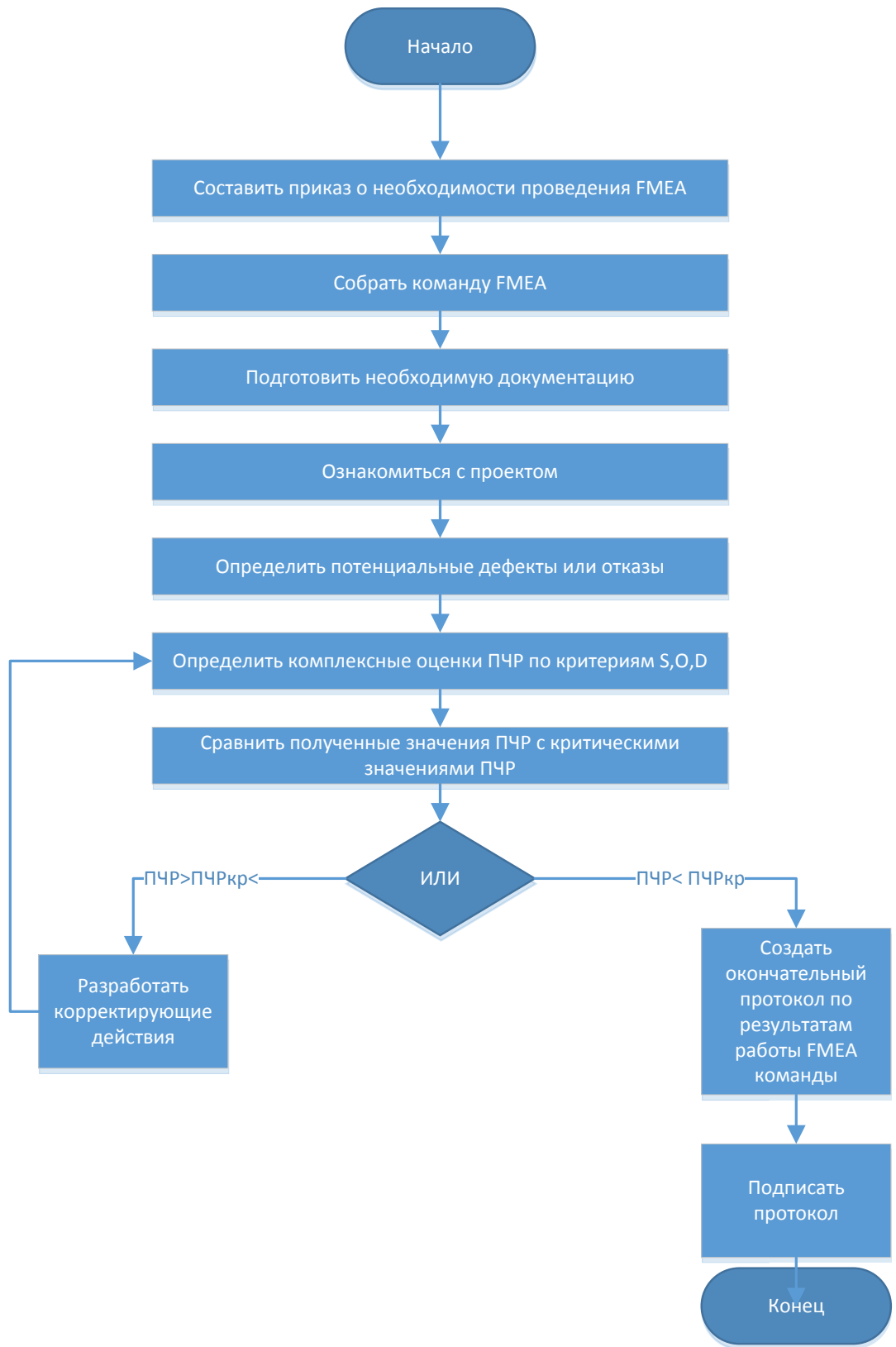


Рисунок 11 – Новая схема процесса

Новая схема процесса гораздо более наглядна, проста и понятно, а наглядность и простота наиважнейшие параметры стандарта.

3.7 Экономическая оценка эффективности совершенствования процесса PFMEA-анализа

3.7.1 Анализ ситуации

FMEA-анализ является важнейшим процессом на предприятиях автомобильной промышленности, так как стандарт качества ISO/TS 16949 требует обязательного использования этого метода. Поэтому очень важно, чтобы процесс анализа проходил максимально быстро, легко и, что главное, эффективно.

На предприятии Джонсон Матти Катализаторы существует ряд сложностей при проведении анализа PFMEA, а именно:

- Сложности быстрого определения того, какой именно процесс рассматривается;
- Сложности определения баллов обнаружения.

Все это в совокупности значительно усложняет и увеличивает время процесса анализа.

На мой взгляд, причинами этих проблем являются повторяемость процессов на различных этапах изготовления, неверное выделение процессов в этапах производства и слабо применимая таблица определения баллов обнаружения для предприятия Джонсон Матти Катализаторы.

Часто FMEA команде приходится крайне резко переключаться с одного процесса на другой. Это увеличивает время анализа из за того, что приходится тратить время на переключение и погружение в другой процесс. Такое положение дел получалось когда группа доходила до анализа ситуации, когда ошибка или отказ могла произойти не при производстве, а при лабораторном анализе. Т. е. изделие годное, а лабораторный анализ, из за ошибки, определяют изделие как негодное. Или наоборот, изделие негод-

ное, но анализ говорит об обратном. На данных этапах анализа, участники группы постоянно путались, из-за того, что в голове нужно держать информацию о годности изделия, и уже опираясь на это производить оценку.

Возникают постоянные споры по поводу баллов обнаружения, что тоже в значительной степени увеличивает время анализа, а значит и его стоимость.

3.7.2 Предложения по улучшению выявленной проблемы

Проанализировав ситуацию на заводе Джонсон Матти Катализаторы и выявив причины сложившейся ситуации, мною, для решения этих проблем, было решено в бланках FMEA вынести в отдельный процесс лабораторный анализ, для более четкого понимания границ.

Так же было решено разработать новую таблицу по обнаружению, применимую для Джонсон Матти.

3.7.3 Прогноз изменений показателей эффективности процесса

Выделение лабораторного анализа в отдельный процесс сократит количество необходимых для оценки этапов и определит границы процесса, что позволит сократить время.

Разработка и использование новой таблицы определения баллов обнаружения поможет более легко определять нужный балл и как следствие сократить количество споров и дебатов по данному вопросу. Данное улучшение так же сократит время анализа

3.7.4 Разработка экономической модели процесса анализа FMEA

Построение экономической модели процесса даёт возможность сделать расчет всех затрат на процесс, на его улучшение, а так же суммы возможного эффекта.

Для разработки данной модели необходимо определить характеристики процесса, составить классификацию затрат на процесс и построить карту процесса. Эти элементы для процесса ремонта техники представлены в п. 3.6.5, п. 3.6.6 и п. 3.6.7

3.7.5 Характеристики процесса

Таблица 10 — характеристики процесса ремонта техники

Элемент характеристики процесса	Содержание элемента
1. Цель процесса	Определение потенциальных ошибок и отказов
2. Входы	Приказ директора по качеству о необходимости проведения анализа
3. Выходы	Законченный PFMEA-анализ
4. Ресурсы	Людские, информационные, помещение, орг. техника
5. Результаты	Сокращение времени проведения PFMEA-анализа
6. Результативность	Отношение времени анализа до улучшений ко времени анализа после улучшений
7. Эффективность	Время проведения PFMEA-анализа к затратам на процесс анализа

3.7.6 Классификация затрат на процесс

Стоимость процесса представляет собой полные затраты на протекание процесса и складывается из затрат на соответствие видов деятельности, составляющих процесс, и убытков, вследствие несоответствия [19].

Затраты на соответствие – все затраты, которые необходимо понести, чтобы сделать все правильно с первого раза;

Затраты на несоответствие – все затраты, которые приходится нести из-за того, что не все делается правильно с первого раза [20].

В таблице 11 представлены затраты на соответствие и несоответствие для выбранного мною процесса.

Таблица 11 – Классификация затрат

Затраты на соответствие	Затраты вследствие несоответствия
<ul style="list-style-type: none"> – Заработная плата членов FMEA команды; – Отчисления на социальные нужды; – Электроэнергия. 	<ul style="list-style-type: none"> – Упущенная выгода от процессов, которые могут быть выполнены за то время, которое рабочие тратят на лишние действия при проведении PFMEA-анализа; – Заработная плата FMEA команды на время проведения анализа.

3.7.7 Построение карты процесса

Моделирование процессов организации (предприятия) может осуществляться с использованием различных графических схем в соответствии с выбранным средством описания (нотацией). Для построения экономической модели целесообразно выбрать наиболее простой вариант, так называемую блок-схему, построенную с использованием алгоритмического языка описания. Графические символы соответствуют ГОСТ-19.701-90 [19]

Блок-схема процесса представляется собой последовательность операций, входящих в процесс. Каждому символу (операции) на блок-схеме присваивается порядковый номер. Внутри символа записываются действия, которые производятся при выполнении операции. Экономическая модель процесса представляется в виде карты. Схематическое изображение карты процесса представлен на рисунке 12.

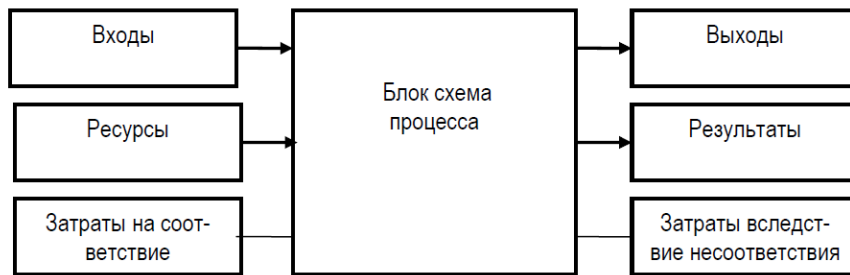


Рисунок 12 – Схема экономической модели

Экономическая модель процесса (карта процесса) может быть представлена на нескольких листах. Пример карты процесса можно увидеть на рисунке 13

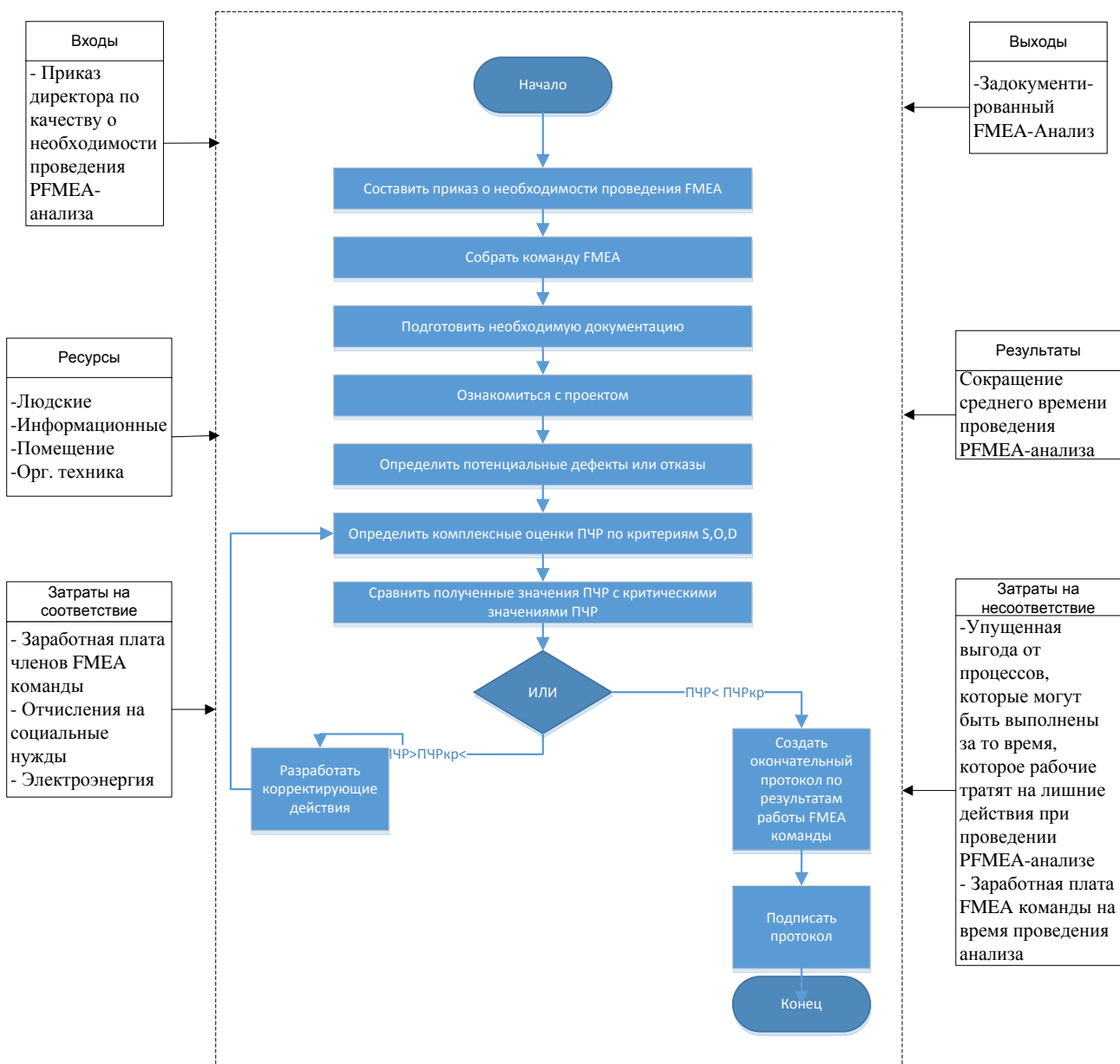


Рисунок 13 – Карта процесса

3.7.8 Экономическая оценка эффективности улучшения процесса

Универсальных методик оценки экономической эффективности деятельности в области управления качеством не существует. Имеются отдельные предложения, рекомендации, которые могут быть использованы в конкретных случаях.

Оценка экономической эффективности проектов по управлению качеством так же сложна, как и прочих проектов в области менеджмента. Не всегда удастся выделить эффект, полученный именно в результате их внедрения.

Тем не менее, следует выявлять и оценивать экономические выгоды, которые возможно получить, а также затраты, необходимые для реализации проектов [19].

3.7.9 Расчет затрат на улучшение процесса PFMEA-анализа

Целесообразно рассчитывать выгоды за период, равный одному году, а затраты делить на единовременные и текущие.

Единовременные затраты (К) – это затраты, которые получают при разработке и внедрении проекта. Они равны сумме затрат на разработку (К_р) и затрат на внедрение (К_{вн}) [19].

Затраты на разработку проекта вычисляются по следующей формуле 2:

$$K_p = ЗП \cdot T \cdot (1 + N_{сн}) \cdot (1 + N_k), \quad (2)$$

где T – трудоемкость разработки проекта, чел·час.; N_{сн} – норматив отчислений на социальные нужды; N_к – коэффициент косвенных расходов организации, осуществляющей разработку; ЗП – среднечасовая заработная плата специалистов, участвующих в разработке, руб.

Для того, чтобы посчитать K_р, необходимо знать значения их показателей. Переждем к их расчёту

Среднечасовая заработанная плата специалистов, участвующих в разработке улучшений PFMEA-анализа, равна:

$$(80000/(22*8))/3=151,52 \text{ руб} \quad (3);$$

22 – количество рабочих дней в месяце; 8 – количество рабочих часов в день, 80000 – заработная плата рабочих, участвующих в разработке проекта улучшения.

Коэффициент косвенных расходов ООО «Джонсон Матти Катализаторы» составляет 10%.

Норматив отчислений на социальные нужды составляет 30%.

Для вычисления трудоёмкости разработки проекта, необходимо знать состав работ и трудоёмкость этих работ (смотри таблицу 12).

Таблица 12 – состав и трудоёмкость работ по разработке

Состав работ	Время выполнения, час	Состав и количество исполнителей, чел.	Трудоемкость чел·час
Изучение потенциальных видов отказов	3	3	9
Изучение существующей таблицы оценки критерия обнаружения	2	3	6
Изучение технологического процесса	5	1	5

Зная трудоёмкость всех работ, входящих в разработку процесса, можно подсчитать трудоёмкость самого процесса разработки.

$$T=9+6+5 \quad (4)$$

Выполнив сложение, получим значение $T=20$ чел*час.

Теперь мы знаем значение всех элементов, входящих в затраты на разработку проекта.

$$K_p=151,52*20*(1+0,3)*(1+0,1) \quad (5)$$

Выполнив подсчёт, получим значение K_p , равное 4333,47 руб.

В состав затрат на внедрение включают в себя затраты на работы по непосредственной реализации проекта улучшений, которые представлены в таблице 13, а также затраты на сырьё и материалы.

Таблица 13 – Работы по внедрению проекта

Состав работ	Время выполнения, час	Состав и количество исполнителей, чел.	Трудоемкость чел·час
Выделение в отдельный процесс лабораторного анализа	4	3	12
Разработка таблицы	10	3	30
Переоценка ПЧР	8	3	24
Разработка нового проекта стандарта	3	1	3

Данные затраты связаны с заработными платами людей, которые выполняли эти работы. Вычисляются они по следующей формуле:

$$\text{Затраты на работы по внедрению} = 3П \cdot T \cdot (1 + N_{\text{сн}}) \cdot (1 + N_{\text{к}}) \quad (6)$$

где T – трудоемкость внедрения проекта, чел·час.; $N_{\text{сн}}$ – норматив отчислений на социальные нужды; $N_{\text{к}}$ – коэффициент косвенных расходов организации, осуществляющей разработку; $3П$ – среднечасовая заработная плата специалистов, участвующих во внедрении, руб

Сделав расчёты, оказывается, что эти затраты равны 14950,48 руб.

Так же в затраты на внедрения вошли затраты на электроэнергию, которую потреблял компьютер во время внедрения проекта.

Выполним подсчет этих затрат.

За время работы компьютер использовал 10 кВт электроэнергии. Цена 1 кВт равна 2,5 руб. Выполнив перемножение, получим, что сумма затрат на электроэнергию равна 25 руб

Теперь подсчитаем затраты на внедрение.

$$K_{\text{вн}} = 14950,48 + 25 \quad (7)$$

$K_{\text{вн}} = 14975,48$ руб.

Теперь, можно посчитать единовременные затраты, сложив значения затрат на разработку и затрат на внедрение

$$K = K_p + K_{вн} = 4333,847 + 14975,48 = 19308,95 \text{ руб.} \quad (8)$$

Стоит добавить, что текущих затрат этот проект улучшений не несет.

3.7.10 Расчет экономического эффекта

Экономический эффект, при внедрении предложенных улучшений, состоит из экономии при снижении трудозатрат.

Экономия трудозатрат достигается благодаря сокращению времени PFMEA-анализа.

Расчет экономии при снижении трудозатрат производится следующим образом:

$$\mathcal{E} = 3П \cdot (T_1 - T_2) \cdot (1 + Н_{сн}) \quad (9)$$

где 3П – затраты на оплату труда члена FMEA команды за один час;
T1 – затраты труда работника за год в часах до внедрения улучшения; T2 – затраты труда работника за год в часах после внедрения улучшения; Н_{сн} – норматив отчислений на социальные нужды.

$$3П = 203,23$$

Среднее время PFMEA-анализа до внедрения улучшений составляет 8 часов.

Среднее время PFMEA-анализа после внедрения улучшений составляет 5 часов.

Среднее количество анализов в год равно 2

Зная эти данные мы можем вычислить T1 и T2.

$$T_1 = 2 \cdot 9 = 18 \quad (10)$$

$$T_2 = 2 \cdot 5 = 10 \quad (11)$$

Теперь высчитаем экономию трудозатрат

$$\mathcal{E} = 203,23 \cdot (18 - 10) \cdot (1 + 0,3) = 2322,32 \text{ руб.}$$

Столько ООО «Джонсон Матти Катализаторы» будет экономить в год с одного члена FMEA-команды. Но поскольку в FMEA-команде 13 человек, сумма экономии увеличивается в 13 раз, и составляет 30190,16

3.7.11 Расчет показателей эффективности улучшения процесса ремонта техники

Особенностью многих мероприятий по совершенствованию управления качеством является небольшой объем инвестиций. В таких случаях нецелесообразно производить сложные расчеты, учитывающие денежные потоки, распределённые во времени. В данном случае инвестиции компании нельзя назвать большими, поэтому можно воспользоваться более простыми показателями, такими как рентабельность инвестиций и срок окупаемости. В рассматриваемой ситуации рентабельность инвестиций можно рассчитать следующим образом:

$$P = \frac{\Delta_{\text{общ}}}{K} \times 100 \% \quad (12)$$

где $\Delta_{\text{общ}}$ – экономический эффект (дополнительная прибыль, экономия), получаемый от внедрения предлагаемого мероприятия; K – инвестиции (единовременные затраты) для осуществления мероприятия.

Нам известны все элементы данной формулы, поэтому можно сделать расчёт показателя рентабельности.

$$P = (30190,16 / 19308,95) * 100\% = 156,35\%$$

Срок окупаемости инвестиций – $T_{\text{ок}}$, представляет собой время, за которое вложенные средства (единовременные затраты) вернутся в виде дополнительно полученной прибыли или экономии.

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta_{\text{общ}}} * 360 \quad (13)$$

$$T_{\text{ок}} = (19308,95 / 30190,16) * 360 = 230,25 \text{ дней}$$

После проведённых расчётов, можно сделать вывод, что внедрение улучшений в процесс PFMEA-анализа для ООО «Джонсон Матти» является экономически выгодным мероприятием.

3.8 Вывод

Изучив процессы, выделив слабые места, разработав улучшения и внедрив их, удалось получить ряд выгод для ООО «Джонсон Матти Катализаторы». Выделение лабораторного анализа в отдельный процесс и разработка новой таблицы с рангами обнаружения специально для ООО «Джонсон Матти Катализаторы» позволило сократить время FMEA-анализа и сократить вероятность неправильного оценивания при проведении FMEA. Так же это повлекло за собой и экономическую выгоду благодаря сокращению времени, которое является оплачиваемым. Помимо удешевления процесса FMEA-анализа ООО «Джонсон Матти Катализаторы» получил возможность получать дополнительные выгоды от работы FMEA команды в течении того отрезка времени, на который был сокращен процесс FMEA-анализа. Подсчеты показали, что данные улучшения являются экономически выгодными.

Так же были внесены улучшения в стандарт предприятия JMRU-QP-22. Разработана новая схема процесса и внесена новая таблица с рангами обнаружения. Новая схема процесса поможет более четко представить процесс FMEA, особенно это важно для тех специалистов, которые не знакомы с FMEA-анализом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с целью диплома, был усовершенствован процесс PFMEA-анализа для предприятия Джонсон Матти Катализаторы.

В ходе работы, был усовершенствован бланк FMEA, используемый на Джонсон Матти.

Разработана новая таблица с рангами обнаружения, применимая для Джонсон Матт. Разработка данной таблицы повлекла за собой пересчет ПЧР, а также обновления стандарта предприятия JMRU-QP-22_R0 Диаграммы процессов PFMEA и План управления.

Помимо таблицы, в данном стандарте была изменена схема процесса FMEA-анализа.

Так же был выполнен расчет экономического эффекта от внедрения нового бланка FMEA и новой таблицы обнаружения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/ISO/TS_16949
2. Мартынюк А.В., Зарецкий А.В., Зимина Т.И., Макаров М.А. © Кафедра управления промышленными предприятиями, Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет FMEA-АНАЛИЗ КАК ОДИН ИЗ КОМПЛЕКСНЫХ МЕТОДОВ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ, 2012-5
3. Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA), Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA) SAE J1739
4. Новое качество [Электронный ресурс] Режим доступа: www.new-quality.ru
5. Панюков Д.И., Скрипачев А.В. Инженерные методы управления качеством. Анализ видов, причин и последствий потенциальных дефектов (FMEA). Учебное пособие – Тольятти: изд-во Тольяттинского Государственного Университета, 2006. – 131 с
6. Электроника, наука , технология , бизнес [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.electronics.ru/journal/article/131>
7. Корпоративный менеджмент [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.cfin.ru/finanalysis/invrisk/FMEA-methodology.shtml>
8. Управление процессом разработки сложных технических систем и процессов. Особенности применения fmea-анализа
Ар.А. МУХА

9. Avizienis A. Fundamental Concepts of Dependability / A. Avizienis, J.-C. Laprie, B. Randell // Technical Report: UCLA CSD Report N 010028, LAAS Report N 01-145, Newcastle Report NCS-TR-739. – 2002. – 31p.; // IEEEComputer. – 2000. – N 10. – 145 p.
10. Улучшение качества услуг на основе применения FMEA анализа/ Савельева Ю.С., Гришаева С.А.//TUV Rheinland/ – 2012– 23
11. Использование анализа видов и последствий потенциальных дефектов (FMEA) для разработки системы предупреждающих мероприятий испытательной лаборатории Заводская лаборатория /С.М. Горюнова, А.Ф. Дресвянников, Н.Г. Николаева [и др.] // Диагностика материалов. – 2006. – Т. 72, № 8. – С. 58.
12. Пономарев С.В. Управление качеством продукции. Инструменты и методы менеджмента качества: учеб. пособие / С.В. Пономарев, С.В. Мищенко. – М.: Стандарты и качество, 2005. – 248 с
13. ГОСТ Р 51814.2–2001. Системы качества в автомобилестроении. Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 18 с.
14. Багимов И.А. Применение аппарата нечеткой логики для оценки приоритетного числа риска в методологии FMEA [Электронный ресурс] / И.А. Багимов, В.А. Тараненко. – Режим доступа: donntu.edu.ua/russian/konf/mashinebuild/arhiv/vipusk32_2006.pdf.
15. Institute for healthcare Improvement [Электронный ресурс] Режим доступа:

<http://www.ihl.org/resources/pages/tools/failuremodesandeffectsanalysistool.aspx>

16. A study on applying FMEA to improving ERP introduction: An example of semiconductor related industries in Taiwan/Ching-Chow Yang, Wen-Tsaan Lin, Ming-Yi Lin [et al.] // International Journal of Quality & Reliability Management. – 1984. – 245 p
- 17.111 <http://www.matthey.ru/infojm/historyr.htm>
18. Стандарт предприятия JMRU-QP-22_R0 Диаграммы процессов PFMEA и План управления
19. Юркова, Т. И. Методические указания, предназначенные для студентов специальности 221400 "Управление качеством"/Юркова Татьяна Ильинична; СФУ. – Красноярск, 2011. – 31с.
20. Затраты на качество продукции [Электронный ресурс] Режим доступа:
http://edu.dvgups.ru/METDOC/ITS/EKON_S/UPR_KACH_PR/METHOD/DEMYANOVICH/frame/6.htm

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Фаза	Документы/ задачи	Деятельность	Ответственн ые
Анализ рынка, маркетинговые исследования, анализ проекта	Планирование концепции	Концепция Проект	Маркетинг, разработка
	Одобрение концепции		Разработка
	Проверка проекта		Разработка
FMEA конструкции	Разрешение на конструкцион-ные материалы	Список конструкционных материалов	Разработка
	Перечень специальных характеристик продукта	Определение признаков качества, специальных характеристик	Обеспечение качества, разработка
FMEA процесса	Проверка проекта процесса	Определение признаков качества процесса, специальных характеристик процесса	Обеспечение качества, разработка
	Разрешение на опытные партии	Внедрение процесса	План. произ-ва, производство, обеспечение качества
		Установление мероприятий по контролю	Обеспечение качества
Исследование способности процесса (SPC, MSA)	Разрешение на серийное производство (одобрение PPAP)	Серийная апробация (нулевая серия)	План. произ-ва, производство, обеспечение качества
Контроль качества и документации, наблюдение за процессом	Контроль (окончательный) и приемка	Серийное производство	Производство, обеспечение качества
Наблюдение за качеством, FMEA процесса, эксплуатации, улучшения, актуализация FMEA	Анализ данных и эксплуатация	Поставка	Сбыт, обеспечение качества
		Эксплуатация	Разработка, обеспечение качества, техобслуживание

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

1. Улучшение процесса	Основная задача FMEA – улучшение процесса. Предпочтение следует отдавать действиям предупреждающего характера, направленных на управление процессом
2. Дефекты с высоким риском	При FMEA особое внимание обращают на все дефекты, определенные командой и имеющие высокий риск (сильное влияние на потребителя), разрабатывается и реализуется реальный план их устранения. Другие виды дефектов также подвергаются анализу и устранению
3. Учет FMEA при управлении проектом	Дефекты, выявленные при проведении FMEA процесса должны быть рассмотрены на этапе предсерийного производства (установочная серия), а также при управлении серийным производством
4. Взаимодействие	Анализ проводимый в рамках FMEA должен быть согласован с диаграммой потока процесса и планом управления процессом. При FMEA процесса необходимо учитывать результаты FMEA конструкции, если он доступен.
5. Предыдущий опыт	При FMEA должен учитываться предыдущий опыт по аналогичным конструкциям (в том числе высокие затраты на гарантийный ремонт, затраты на возврат, внутренние потери и т.п.), в качестве входных данных для выявления дефектов
6. Специальные характеристики	FMEA выявляет возможные специальные характеристики как один из источников формирования перечня специальных характеристик, если это соответствует установленным в компании правилам
7. Своевременность	FMEA выполняется в течение «окна возможностей»,

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Процесс	Номер операции	Название процесса/ описание процесса	Оборудование, оснастка, способ измерения/ оценки
<pre> graph TD Start([05/1]) -- да --> Move1[/05/2/] Start -- нет --> Return1[Возврат поставщику] Move1 --> Control1[05/3] Control1 -- да --> Profile[10] Control1 -- нет --> Return2[Возврат поставщику] Profile --> Control2[15/1] Control2 -- да --> Move2[/15/2/] Control2 -- нет --> Rework1[Переделки] Move2 --> Store1[/15/3/] Store1 --> Move3[/15/4/] Move3 --> Cut[20] Cut --> Control3[25/1] Control3 -- да --> Move4[/25/2/] Control3 -- нет --> Rework2[Переделки] Move4 --> Store2[/25/3/] Store2 --> Move5[/25/4/] Move5 --> Bend[30] Bend --> Control4[35/1] Control4 -- да --> Drill[40] Control4 -- нет --> Rework3[Переделки] Drill --> Control5[45/1] Control5 -- да --> Move6[/45/2/] Control5 -- нет --> Rework4[Переделки] Move6 --> Straighten[50] Straighten --> Control6[55/1] Control6 -- да --> Move7[/55/2/] Control6 -- нет --> Rework5[Переделки] </pre>	05/1	Предварительный входной контроль металлической ленты	Визуально
	05/2	Перемещение на погрузчике	Визуально
	05/3	Входной контроль ленты (внешний вид, толщина, ширина)	Визуально
	10	Профилирование по заданным параметрам (ширина, высота)	209.060/62 профилировочная линия/рулетка РЗУЗД ГОСТ 7502-98, визуально
	15/1	Контроль параметров профиля	Рулетка РЗУЗД ГОСТ 7502-98
	15/2	Перемещение профилей на тележках	Визуально
	15/3	Хранение. Штабелирование профилей	Визуально
	15/4	Перемещение профилей на тележках	Визуально
	20	Обрезка профиля в размер	201.021 пресс /рулетка РЗУЗД ГОСТ 7502-98, визуально
	25/1	Контроль длины заготовки	Рулетка РЗУЗД ГОСТ 7502-98
	25/2	Перемещение заготовок на тележках	Визуально
	25/3	Хранение. Штабелирование заготовок	Визуально
	25/4	Перемещение заготовок на тележках	Визуально
	30	Гибка заготовок	603.079/080 гибочная машина «Тишкен»/ визуально
	35/1	Контроль деталей (внешний вид, ширина, высота)	Визуально, штангенциркуль ШЦ1-125-0,1-1 ГОСТ 166-89
	40	Пробивка деталей	614.001.002 стенд проб. и формовки упоров/ визуально
	45/1	Контроль деталей (геометрия, внешний вид заготовок)	Шаблон для контроля упоров 1513.4029.000, визуально
	45/2	Перемещение деталей на тележках	Визуально
	50	Рихтовка деталей	Визуально
	55/1	Контроль готовой продукции (внешний вид, геометрия деталей)	Визуально К.д.к.144.004.002.
55/2	Перемещение тары с изделием из цеха №2 на склад готовой продукции	Визуально	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Объект анализа [1] _____
 Вид изделия, год выпуска [2] _____

Служба, ответственная за проведение FMEA [5]: _____

Код/номер протокола FMEA [8]
 Стр. ____ из ____ [9]
 Руководитель группы [10] _____

Изготовитель конечной продукции [3] _____

Планируемые сроки проведения FMEA [6]:
 начало _____
 окончание _____

Члены команды [11]: _____

Область применения [4]:

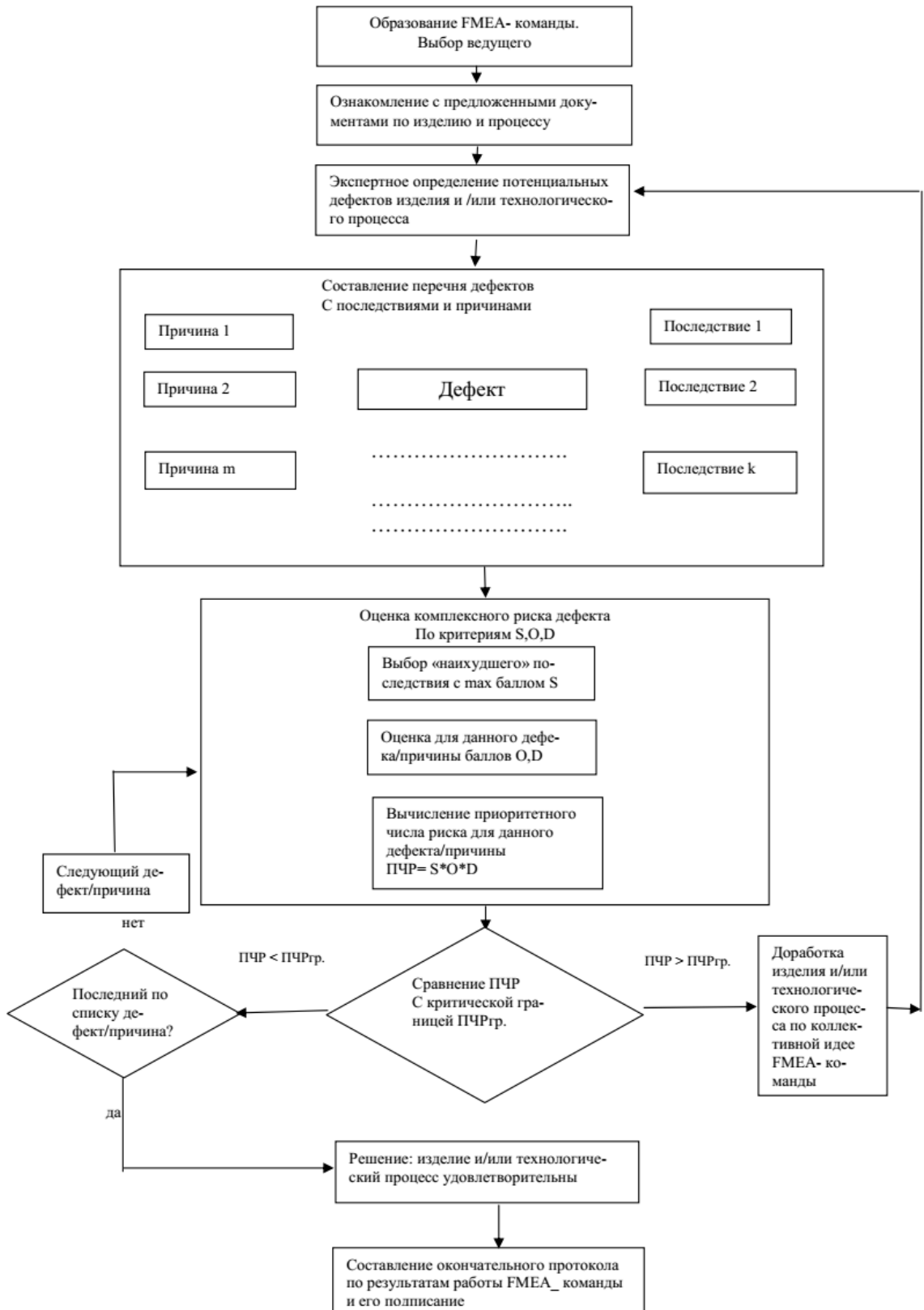
- проектирование
 совершенствование
 конструкции технологического процесса
 прочее _____

Действительные сроки проведения FMEA [7]:
 начало _____
 окончание _____

Изделие (процесс) / функция [12]	Вид потенциаль- ного дефекта [13]	Последствие потенциальног о дефекта [14]	S [15]	К л с [16]	Потенциальн ая причина(ы) или механизм(ы) дефекта [17]	O [18]	Первоначально предложенные меры [19]		D [20]	П Ч Р [21]	Рекомендуе- мое изменение [22]	Ответ- ствен- ность и намечен ная дата [23]	Результаты работы					
							по предотвраще нию	по обнаружени ю					Предпринятые действия (изменения) [24]	Новые значения баллов [25]				
														S	O	D	П Ч Р	


ПРИЛОЖЕНИЕ Д

AS 7.1.2-01-2012




ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Анализ видов и последствий потенциальных отказов

 ООО «КраМЗ»	Технология литейного производства АНАЛИЗ ВИДОВ И ПОСЛЕДСТВИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ОТКАЗОВ						АВПО _____		
Производство	Опытное/Серийное			КТП № _____		Ред. № _____		Лист _____	Листов _____
ПРОЦЕСС:		ПРОДУКЦИЯ:		СПЛАВ:		СПЕЦИФИКАЦИЯ		ПОТРЕБИТЕЛЬ	
Утверждаю	ФИО (гл. металлург)	подпись	дата	Утверждаю	ФИО (директор по ИиТР-гл. инженер)	подпись	дата	Выполнение и расчет подтвержден Руководитель группы:	
Состав группы: Руководитель группы:								АВПО, дата _____	

Операция	Вид потенциального отказа	Последствия потенциального отказа	S	Потенциальная причина отказа	O	Действующие меры: - по предотвращению - по обнаружению	D	П Ч Р	Рекомендуемые действия	Отв. и срок	Результаты действий			
											Предпринятые действия	Новые значения баллов		
											S	O	D	П Ч Р

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

 ООО «КраМЗ»		Технология литейного производства АНАЛИЗ ВИДОВ И ПОСЛЕДСТВИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ОТКАЗОВ						АВПО_ЦП/7075/_1__		
Производство ЦП		Опытное/Серийное			КТП №		Ред. № 1		Лист 1	Листов 4
ПРОЦЕСС:		ПРОДУКЦИЯ: Слитки		СПЛАВ: 7075		СПЕЦИФИКАЦИЯ _____		ПОТРЕБИТЕЛЬ _____		
Согласовано	Директор по ЭиК Е.В. Низовцев	подпись	дата	Утверждаю	Главный инженер В.М. Минченков	подпись	дата	Выполнение и расчет подтвержден Руководитель группы: АВПО, дата начало 11.10.2013г окончание: 16.10.13г.		
Состав группы: Павлов В.А., Никитина Т.С. Руководитель группы: Чеглаков В.В.										



Операция	Вид потенциального отказа	Последствия потенциального отказа	S	Потенциальная причина отказа	O	Действующие меры: - по предотвращению - по обнаружению	D	П Ч Р	Рекомендуемые действия	Отв. и срок	Результаты действий				
											Предпринятые действия		Новые значения баллов		
											S	O	D	П Ч Р	
I Трещинообразование	Увеличена/снижена скорость литья	Окончательный брак	9	Ошибка персонала	4	Контроль скорости перед первой ходкой	3	135	Своевременное обучение и повышение квалификации	Нач. цеха		9	3	2	54
				Сбой в работе оборудования	3		3	81							
				Нарушение требований НД	4		1	36							
	Снижена/увеличена Температура литья	Окончательный брак	9	Ошибка персонала	4	Контроль температуры перед началом литья	3	135	Своевременное обучение и повышение квалификации	Нач. цеха		9	3	2	54
				Сбой в работе оборудования	3		3	81							
				Нарушение требований НД	4		1	36							
	Не правильно собранная тех/о	Окончательный брак	9	Ошибка персонала	4	Проставление подписи бригадира за приемку тех. оснастки в работу	3	135	Своевременное обучение и повышение квалификации	Нач. цеха		9	3	2	54
				Нарушение требований НД	4		1	36							