

## Лабораторное занятие 4

### FMEA - КАК МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

**Цель занятия** – изучить методику анализа рисков, применяемую при улучшении качества процессов, продукции и услуг.

Повышение требований заказчиков к надежности и безопасности изделий обусловили применение методов системного анализа объектов. Одним из таких методов является FMEA - анализ причин и последствий отказов (Failure Mode and Effects Analysis). Метод FMEA получил весьма широкое распространение при планировании качества. В настоящее время метод FMEA успешно используется в Японии, США и в странах Европейского Союза (ЕС).

В России разработан стандарт ГОСТ Р 51814.2 – 2001, предназначенный для применения в автомобилестроении, но он может успешно применяться и в других отраслях. Основой данного стандарта является руководство «Анализ видов и последствий потенциальных отказов», входящее в систему методик к стандарту «QS – 9000. Требования к системам качества».

FMEA-анализ представляет собой технологию анализа возможности возникновения дефектов и их влияния на продукцию и потребителя. Его задача - выявить те возможные несоответствия, дефекты, которые имеют наибольший показатель риска для потребителя. По результатам FMEA проводят предупреждающие действия.

Данная деятельность важна на этапе разработки конструкций или процессов для более полного удовлетворения потребителей. Было замечено, что около 80% всех дефектов, которые возникают в процессе производства и эксплуатации, обусловлены недостатками разработки конструкции и конструирования, а также подготовки производства. Около 60% всех сбоев, которые возникают во время гарантийного срока эксплуатации, имеют свою причину в несовершенной разработке.

Известно правило 10-ти раз А. Фейгенбаума: затраты на исправление дефекта удесятятся на каждом следующем этапе жизненного цикла продукции. Например, устранение дефекта изделия при его применении заказчиком стоит 100 условных единиц (у.е.). Если этот дефект выявляется на окончательном контроле на заводе-изготовителе, его устранение стоит только 10 у.е. Если дефект обнаруживают еще раньше, например, при входном контроле закупленных деталей, то затраты составят 1 у.е.

Одним из наиболее важных факторов для успешного применения FMEA является фактор времени. Это означает, что действия должны быть осуществлены до того, как выявили дефект, а не после этого.

FMEA может исключить применение корректирующих действий или уменьшить их трудоемкость.

Метод FMEA позволяет проанализировать потенциальные дефекты, их причины и последствия, оценить риски их появления и не обнаружения на предприятии и принять меры для устранения или снижения вероятности и ущерба от их появления. Это один из наиболее эффективных методов доработки конструкции технических объектов и процессов их изготовления на

таких важнейших стадиях жизненного цикла продукции, как ее разработка и подготовка к производству.

Методология FMEA рекомендуется как при проектировании новых технических объектов, так и при разработке модифицированных вариантов конструкции и (или) процесса производства технических объектов.

Методология FMEA полезна также при рассмотрении новых условий эксплуатации технического объекта или новых требований заказчика (потребителя) к этому объекту.

При проведении FMEA решаются следующие задачи:

- получение сведений о риске альтернативных вариантов;
- определение «слабых» мест конструкций и нахождение мер по их устранению;
- сокращение дорогостоящих экспериментов;
- принятие решений о пригодности альтернативных процессов и оборудования при предварительном планировании и определении лучших из них;
- обнаружение «слабых» мест и принятие мер по их устранению при планировании производства;
- подготовка серийного производства;
- исправление процессов серийного производства, которые оказываются нестабильными или неспособными.

Сбои в работе могут также происходить, когда пользователь совершает ошибочные действия, поэтому при применении метода FMEA следует учитывать и эти виды отказов. Всё, что можно сделать для обеспечения правильного изготовления продукции, вне зависимости от того, как с ней обращается потребитель, будет способствовать тому, что удовлетворённость потребителя продукцией будет приближаться к 100%.

Наиболее часто метод FMEA применяют при:

- разработке новых изделий;
- разработке новых материалов и методов;
- изменении продукции, процесса или операции;
- новых условиях применения существующей продукции;
- недостаточных возможностях технологического процесса;
- ограниченных возможностях контроля;
- использовании новых установок, машин или инструментов
- высокой доле брака;
- возникновении риска загрязнения окружающей среды, безопасности;
- существенных изменениях организации работы.

В настоящее время метод FMEA применяется как в технических, так и других отраслях. При этом он может быть продуктивно использован при анализе закупок, организации работы, программном обеспечении и в других случаях.

FMEA — это эффективный инструмент повышения качества как для разработчиков и конструкторов, так и инженеров, связанных с организацией

труда, процессами и производством. Он позволяет идентифицировать недостатки способа и самой продукции при новых разработках.

FMEA — это общепринятый и самостоятельный инструмент, который подготавливает базу для дальнейшего применения аналитических и статистических методов.

Структура FMEA содержит известные элементы методик структурирования, анализа и оценки вместе с перечнем мероприятий и обязательными контрольными нормативами. FMEA требует от человека, применяющего этот метод, систематического документирования своих рассуждений и идей. Все это позволяет заранее оценить риск от появления несоответствий и снизить или вообще избежать затрат на устранение последствий отказов. Таким образом, при последовательном применении метода FMEA можно с самого начала выявить потенциальные несоответствия и избежать их появления в продукции.

Следует обратить внимание на необходимость внимательного рассмотрения особенностей метода FMEA и целей его применения. Этот метод, позволяющий исключить ошибки на ранней стадии создания продукции и процессов, исходит прежде всего из их детализации и строгого учета всех исполняемых функций. Он обладает значительной эффективностью при создании конкурентоспособной продукции в короткие сроки и значительно экономит время и средства. Однако этот метод не является всеобъемлющим. Он, например, не обеспечивает анализа и обобщения пожеланий заказчиков (покупателей). Какой объем багажного отделения должен быть в новом легковом автомобиле - большой, средний или маленький? То есть, при формировании перечня показателей качества помог бы метод «QFD» (Quality Function Deployment). Метод QFD осуществляет связь между ожиданиями заказчика и характеристиками продукции, компонентами комплексной продукции, процессами производства, а также отдельными технологиями для того, чтобы определить потребности в улучшении с учетом выполнения ожиданий заказчика и возрастающей конкуренции. При оценке надежности всей системы с учетом всевозможных отказов был бы целесообразен метод графов. На других этапах исследований бывает необходимо и полезно применение также статистического регулирования процессов, метода Тагучи и других. Поэтому для создания конкурентоспособной продукции в короткие сроки предприятие само должно решить, какой набор методов анализа и планирования, дополнительно к FMEA, целесообразно применить для данной продукции и конкретных условий. Только при удачном совокупном подборе таких методов, система качества будет активно функционировать и соответствовать требованиям МС ИСО 9001-2015, а предприятие будет иметь стабильно высокие прибыли. Удовлетворенный потребитель является лучшим показателем качества продукции и эффективной организации работы.

Подводя некоторый итог, можно выделить следующие особенности рассматриваемого метода:

1. Прогнозирование несоответствий (ошибок) и превентивность при обеспечении качества.

2. Систематические действия, которые выполняются по формализованной

и апробированной многими предприятиями методике с применением типовых формуляров.

Все это позволяет, с одной стороны, выявить и изобразить в логической последовательности и взаимосвязи потенциальные ошибки, и с помощью количественного показателя оценить, в связи с этим, риск предприятия, а, с другой стороны, накопить соответствующий опыт для последующих разработок и совершенствований.

3. Коллективный подход. FMEA обычно проводит рабочая группа, составленная из специалистов разных служб и отделов с целью использования большего объема знаний и опыта. Опыт работы имеет существенное значение для эффективного использования метода FMEA при оценке качества разработок;

- одновременного, а не последовательного принятия решения;
- мотивации качественного труда.

4. Функциональное рассмотрение, т.е. метод имеет целенаправленное значение для анализа функций систем, конструкций и процессов, контролирующей выполнение поставленных задач (в соответствии с техзаданием, чертежом или рабочим планом).

5. Критический анализ для выявления по возможности всех потенциальных отказов, слабых мест или рисков. Анализ позволяет наметить способы снижения риска и оценки.

6. Творческий подход при реализации метода на всех стадиях анализа.

Выявление ошибок, причин их появления, оценка последствий и выполнение других работ требует аналитического, творческого мышления. Такое мышление, поддерживаемое применением различных методов коллективной работы, требуется и при поиске идей и способов уменьшения риска. Специалистам, выполняющим такой анализ, приходится сталкиваться с многовариантностью решений, которая может привести к определенным замешательствам и разногласиям у участников. Но возможность многовариантного решения и выбора наиболее эффективного (или эффективных) из них — это, безусловно, удача и, как правило, результат грамотной организации работы. В таких случаях необходимо применить обоснованный выбор критериев отбора вариантов. Хорошо, если такие критерии будут иметь числовые характеристики, и при этом представлены в виде математических зависимостей от факторов влияния. Тогда анализ достоинств вариантов будет сведен к элементарному сравнению числовых значений обобщенных показателей.

7. Детализация. Метод рассматривает риск применения отдельных элементов объектов в соответствии с заданными функциями. Анализ дает картину отказа системы в целом на основе изучения отказов отдельных компонентов. Комбинация отказов не рассматривается.

8. Метод FMEA является формализованным аналитическим методом для систематизированного и полного определения и устранения потенциальных ошибок при планировании, конструировании на производстве.

9. Преимущество метода состоит в том, что его можно применять на

ранних, наиболее важных стадиях планирования и создания продукции и процессов.

## **Принципы FMEA**

Применение метода FMEA основано на следующих принципах:

1. Командная работа. Реализация метода FMEA осуществляется силами специально подобранной межфункциональной команды экспертов.
2. Иерархичность. Для сложных технических объектов или процессов их изготовления анализу подвергается как объект или процесс в целом, так и их составляющие. Дефекты составляющих рассматриваются по их влиянию на объект (или процесс), в который они входят.
3. Итеративность. Анализ повторяют при любых изменениях объекта или требований к нему, которые могут привести к изменению комплексного риска дефекта.
4. Регистрация результатов проведения FMEA. В соответствующих отчетных документах должны быть зафиксированы результаты проведенного анализа и решения о необходимых изменениях и действиях.

Необходимые изменения и действия, указанные в отчетных документах, должны быть отражены в соответствующих документах в рамках действующей на предприятии системы качества.

## **Задачи, решаемые при проведении FMEA**

В процессе FMEA решают следующие задачи:

- составляют перечень всех потенциально возможных видов дефектов технического объекта или процесса его производства, при этом учитывают как опыт изготовления и испытаний аналогичных объектов, так и опыт реальных действий и возможных ошибок персонала в процессе производства, эксплуатации, при техническом обслуживании и ремонте аналогичных технических объектов;
- определяют возможные неблагоприятные последствия от каждого потенциального дефекта, проводят качественный анализ тяжести последствий и количественную оценку их значимости;
- определяют причины каждого потенциального дефекта и оценивают частоту возникновения каждой причины в соответствии с предлагаемой конструкцией и процессом изготовления, а также в соответствии с предполагаемыми условиями эксплуатации, обслуживания, ремонта;
- оценивают достаточность предусмотренных в технологическом цикле операций, направленных на предупреждение дефектов в эксплуатации, и достаточность методов предотвращения дефектов при техническом обслуживании и ремонте;
- количественно оценивают возможность предотвращения дефекта путем предусмотренных операций по обнаружению причин дефектов на стадии изготовления объекта и признаков дефектов на стадии эксплуатации объекта;

- количественно оценивают критичность каждого дефекта (с его причиной) приоритетным числом риска (ПЧР) и при высоком ПЧР ведут доработку конструкции и производственного процесса, а также требований и правил эксплуатации с целью снижения критичности данного дефекта.

При проведении FMEA наряду с предложенным вариантом конструкции или процесса производства рекомендуется анализировать также альтернативные варианты технических решений. Эти варианты рассматривают с целью снижения комплексного риска дефекта по ПЧР, снижения стоимости и повышения эффективности функционирования технического объекта или технологии его изготовления.

Методология анализа видов, причин и последствий дефектов предполагает организацию межфункциональной команды (FMEA-команды), состоящей из разных специалистов, знания которых необходимы при анализе и доработке конструкции объекта и (или) производственного процесса.

### **Виды FMEA**

В случаях, когда при разработке технического объекта конструкцию и процесс производства разделять нецелесообразно, разработку конструкции и производственного процесса проводят совместно с применением общего FMEA.

В случаях, когда разрабатываемый технический объект предполагает сначала разработку конструкции этого объекта, а затем разработку процессов его производства продукции или оказания услуги, метод FMEA может быть разделен на два этапа: этап отработки конструкции (Design FMEA, DFMEA или FMEA конструкции) и этап отработки процесса (Process FMEA или PFMEA или FMEA процесса).

### **FMEA конструкции**

FMEA конструкции представляет собой процедуру анализа первоначально предложенной конструкции технического объекта и доработки этой конструкции в процессе работы, соответствующей FMEA-команды.

FMEA конструкции проводят на этапе разработки конструкции технического объекта. Данный метод позволяет предотвратить запуск в производство недостаточно отработанной конструкции, помогает улучшить конструкцию технического объекта и заранее предусмотреть необходимые меры в технологии изготовления, предупреждая появление или (и) снижая комплексный риск дефекта за счет:

- коллективной работы разносторонних специалистов, входящих в DFMEA-команду;
- изначального и полного учета требований для изготовления компонентов, требований сборки, контроля при изготовлении, удобства обслуживания и т. д.;
- повышения вероятности того, что все виды потенциальных дефектов и их последствия будут рассмотрены в процессе работы DFMEA - команды;
- анализа полной и разносторонней информации при планировании эффективного испытания конструкции;
- анализа списка всех видов потенциальных дефектов, ранжированных по

их влиянию на потребителя, при котором устанавливают систему приоритетов при проведении улучшений конструкции и программу испытаний;

- создания открытой формы для рекомендаций и прослеживания действий, снижающих риск возникновения дефектов;

- разработки рекомендаций, помогающих в дальнейшей деятельности по анализу совокупности требований, оцениванию изменений конструкции, а также при разработке последующих перспективных конструкций.

### **FMEA процессов**

PFMEA представляет собой процедуру анализа первоначально разработанного и предложенного (процесса) производства и доработки этого процесса в ходе работы, соответствующей PFMEA-команды.

PFMEA проводят на этапе разработки производственного процесса и это позволяет предотвратить внедрение в производство недостаточно отработанных процессов.

PFMEA позволяет:

- идентифицировать виды потенциальных дефектов процесса изготовления данного технического объекта или услуги, приводящих к дефектам данного технического объекта;

- оценить потенциальные реакции потребителя на соответствующие дефекты;

- идентифицировать потенциальные факторы вариации процессов, требующие усиленных действий для снижения частоты (вероятности) дефектов или для обнаружения условий дефектов процесса;

- составить ранжированный список потенциальных дефектов процесса, устанавливая этим систему приоритетов для рассмотрения корректирующих действий;

- документировать результаты процесса.

### **Условия эффективного использования FMEA**

Анализ FMEA эффективен только в случаях, если выполняются в необходимом объеме два условия - правильность применения и полнота исследований. При невыполнении этих условий нельзя гарантировать выявление и устранение всех ошибок.

Правильность применения зависит от понимания методики анализа, систематичности действий, однозначности критериев оценки, а также от обмена информацией и коллективного участия при решении. Полнота исследований достигается за счет анализа всех функциональных элементов и причин их отказов.

Для успешного применения метода FMEA необходимы, прежде всего, такие условия:

1. Метод должен быть востребован и, являться составной частью системы обеспечения качества. За рубежом применение метода часто обуславливается требованиями заказчиков.

2. Метод должен быть поддержан руководством и задействован в

организационной структуре.

3. Метод необходимо правильно разъяснить, без этого невозможно обучение персонала. Это условие обязательно для выполнения при обучении персонала.

4. Метод должен постоянно применяться, и при этом нужно достичь определенного опыта использования. FMEA должен стать непрерывно используемым и постоянно совершенствоваться за счет накопления информации и последующих корректировок. Он должен служить основой для принятия решений при возникновении альтернативных путей решения.

### **Состав FMEA-команд**

FMEA-команда (межфункциональная команда) представляет собой временный коллектив из разных специалистов, созданный специально для цели анализа и доработки конструкции и (или) процесса. При необходимости в состав FMEA-команды могут приглашаться опытные специалисты из других организаций.

В своей работе FMEA-команды применяют метод мозгового штурма. Для эффективной работы все члены FMEA-команды должны иметь практический опыт и высокий профессиональный уровень. Этот опыт предполагает для каждого члена команды значительную работу в прошлом с аналогичными объектами.

Рекомендуемое число участников FMEA-команды — от 4 до 8 человек. Полный состав участников FMEA-команды для работы с данным объектом должен быть неизменным, однако в отдельные дни в работе FMEA-команды может принимать участие неполный ее состав, что определяется целесообразностью присутствия тех или иных специалистов при рассмотрении текущего вопроса. Рекомендуется, чтобы члены DFMEA-команды в совокупности имели практический опыт в следующих областях деятельности - конструирование аналогичных технических объектов, различные конструкторские решения;

- процессы производства компонентов и сборки;
- технология контроля в ходе изготовления;
- техническое обслуживание и ремонт;
- испытания;
- анализ поведения аналогичных технических объектов в эксплуатации.

Рекомендуется, чтобы члены PFMEA-команды в совокупности имели практический опыт в следующих областях деятельности:

- конструирование аналогичных технических объектов;
- процессы производства компонентов и сборки;
- процессы проектирования и оказания услуги;
- разработка и внедрение процессов управления;
- анализ работы соответствующих процессов, возможные альтернативные процессы;
- анализ частоты дефектов и контроля работы соответствующего оборудования и персонала и т.д.



В случае, когда этапы проектирования конструкции и процессов производства данного технического объекта разделять нецелесообразно, формируют общую FMEA-команду. Члены этой команды в совокупности должны иметь практический опыт во всех областях деятельности, перечисленных ранее.

В случае, когда для данного технического объекта отдельно формируют DFMEA-команду и PFMEA-команду, рекомендуется в их состав включать одни и те же физические лица следующих специальностей: конструктор, технолог, сборщик, испытатель, контролер.

В команде должен быть определен ведущий, которым может быть любой из членов команды, признаваемый остальными как лидер в рассматриваемых вопросах.

Профессионально ответственным в DFMEA-команде является конструктор, а в PFMEA-команде – технолог, а при анализе процессов управления – менеджер соответствующей квалификации.

### **Основные этапы проведения FMEA**

*Ознакомление с предложенными проектами конструкции и (или) технологического процесса.* Ведущий FMEA-команды представляет для ознакомления членам своей команды комплект документов по предложенному проекту конструкции или (и) проекту технологического процесса.

*Определение видов потенциальных дефектов, их последствий и причин.* Для конкретного технического объекта и (или) производственного процесса с его конкретной функцией определяют (пользуясь имеющейся информацией и предшествующим опытом) все возможные виды дефектов. Описание каждого вида дефекта заносят в протокол анализа видов, причин и последствий потенциальных дефектов, составленный, например, в виде таблицы.

Примеры видов потенциальных дефектов технического объекта: растрескивание, деформация, люфт, течь, прокол, короткое замыкание, окисление, перелом.

Примеры видов дефектов технологического процесса: недостаточная толщина покрытия, пропуск операции установления шпльнта, применение другого материала.

Примеры возможных дефектов бизнес – процессов:

- неправильная идентификация процесса как основного, создающего ценность;
- неправильная идентификация процесса управления;
- не назначен владелец процесса;
- возникновение зоны пересечения ответственности в процессах;
- несогласованность двух или нескольких процессов по входам – выходам;
- реально процесс не завершается результатом;
- фрагментарность управления;
- отсутствие делегирования полномочий;
- неправильное делегирования полномочий;
- несбалансированность системы целей и показателей процесса;

- неверное измерение результативности процесса и пр. по усмотрению организации.

**Примечание.** Виды потенциальных дефектов следует описывать в физических или технических терминах, а не в виде внешних признаков (симптомов), заметных потребителю.

Для всех описанных видов потенциальных дефектов определяют их последствия на основе опыта и знаний FMEA-команды.

Для каждого вида дефектов может быть несколько потенциальных последствий, все они должны быть описаны.

Последствия дефектов следует описывать признаками, которые может заметить и ощутить потребитель, причем имеется в виду, что потребитель может быть как внутренним (на последующих операциях создания объекта), так и внешним.

Последствия дефектов следует излагать в конкретных терминах системы, подсистемы или компонента, подвергаемых анализу.

Для каждого последствия дефекта экспертно определяют балл значимости **S** при помощи таблицы баллов значимости. Балл значимости изменяется от 1 для наименее значимых по ущербу дефектов до 10 - для наиболее значимых по ущербу дефектов. Для конкретного предприятия эта таблица должна быть пересмотрена в соответствии со спецификой предприятия и конкретными последствиями дефектов.

Типовые значения баллов значимости **S** приведены в табл.1.

Таблица 1

Рекомендуемая шкала баллов значимости **S** для FMEA бизнес –процесса

Последствие	Критерий значимости последствия	Балл S
Опасное без предупреждения	Очень высокий ранг значимости, когда вид потенциального дефекта делает невозможным получение прибыли и/или вызывает несоответствие обязательным требованиям к основным процессам	10
Опасное с предупреждением	Весьма высокий ранг значимости, когда вид потенциального дефекта делает невозможным получение прибыли и/или вызывает несоответствие обязательным требованиям к основным процессам с предупреждением	9
Очень важное	Ход процесса связан с потерей основной функции	8
Важное	Процесс реализуется, но снижен уровень эффективности. Потребитель не удовлетворен.	7
Умеренное	Процесс реализуется, но снижен	6

	уровень эффективности некоторых его составляющих. Потребитель испытывает дискомфорт	
Слабое	Процесс реализуется, но это связано с неоправданными затратами времени. Потребитель испытывает некоторое неудовлетворение	5
Очень слабое	Результаты процесса не соответствуют ожиданиям потребителя. Дефект замечает большинство потребителей	4
Незначительное	Результаты процесса не соответствуют ожиданиям потребителя. Дефект замечает средний потребитель	3
Очень незначительное	Результаты процесса не соответствуют ожиданиям потребителя. Дефект замечают придирчивые потребители	2
Отсутствует	Нет последствия	1

**Примечание.** Приведённые в таблице критерии не являются обязательными и могут устанавливаться организацией в соответствии с собственными потребностями.

В дальнейшем при работе FMEA-команды и выставлении ПЧР используют один максимальный балл значимости  $S$  из всех последствий данного дефекта.

Для каждого дефекта определяют потенциальные причины. Для одного дефекта может быть выявлено несколько потенциальных причин, все они должны быть по возможности полно описаны и рассмотрены отдельно.

Для каждой потенциальной причины дефекта экспертно определяют балл вероятности возникновения  $O$ . При этом рассматривается предполагаемый процесс изготовления и экспертно оценивается частота данной причины, приводящей к рассматриваемому дефекту.

Балл вероятности возникновения  $O$  изменяется от 1 для самых редко возникающих дефектов до 10 - для дефектов, возникающих почти всегда.

Типовые значения балла вероятности возникновения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Рекомендуемая шкала определения балла вероятности возникновения дефекта  $O$

Вероятность возникновения дефекта	Возможные частоты (вероятности) дефектов	Балл $O$
Очень высокая:	1 из 2	10

дефект почти неизбежен	Чаще, чем 1 из 3	9
Высокая: повторяющиеся дефекты	Чаще, чем 1 из 8	8
	Чаще, чем 1 из 20	7
Незначительная: случайные дефекты	Чаще, чем 1 из 80	6
	Чаще, чем 1 из 400	5
	Чаще, чем 1 из 2000	4
Низкая: относительно Редкие дефекты	Чаще, чем 1 из 15000	3
	Чаще, чем 1 из 150000	2
Маловероятная	Реже, чем 1 из 150000	1

Для данного дефекта и каждой отдельной причины определяют балл сложности обнаружения D для данного дефекта или его причины в ходе предполагаемого процесса разработки или изготовления.

Балл сложности обнаружения D изменяется от 10 для практически не обнаруживаемых дефектов (причин) до 1 - для практически достоверно обнаруживаемых дефектов (причин).

Типовые значения балла обнаружения D приведены в табл.3.

Таблица 3

Рекомендуемые значения балла сложности обнаружения D

Обнаружение	Критерии: вероятность обнаружения дефекта при контроле процесса до следующего или последующего процесса, или до того, как часть или компонент покинет место изготовления или сборки	Баллы D
Почти невозможно	Нет известного способа контроля для обнаружения вида дефекта в процессе	10
Очень плохое	Очень низкая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами и способами контроля	9
Плохое	Низкая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами и способами контроля	8
Очень слабое	Очень низкая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами и способами контроля	7
Слабое	Низкая вероятность обнаружения	6

	вила дефекта действующими методами и способами контроля	
Умеренное	Умеренная вероятность обнаружения вила дефекта действующими методами и способами контроля	5
Умеренно хорошее	Умеренно высокая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами и способами контроля	4
Хорошее	Высокая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами и способами контроля	3
Очень хорошее	Очень высокая вероятность обнаружения вила дефекта действующими методами и способами контроля	2
Почти наверняка	Действующий контроль почти наверняка обнаружит вид дефекта. Для подобных процессов известны надежные методы контроля	1

После получения экспертных оценок S, O, D вычисляют приоритетное число риска ПЧР по формуле:

$$\text{ПЧР} = S \times O \times D. \quad (1)$$

Для дефектов, имеющих несколько причин, определяют соответственно несколько ПЧР. Каждое ПЧР может иметь значения от 1 до 1000.

Для приоритетного числа риска должна быть заранее установлена критическая граница ( $\text{ПЧР}_{\text{гр}}$ ) в пределах от 100 до 125. Эти числа рекомендуются стандартом, однако критическую границу целесообразней устанавливать на предприятии с учётом предъявляемых требований. По усмотрению службы маркетинга и других служб предприятия для некоторых возможных дефектов значение ПЧР может быть установлено менее 100. Снижение ПЧР соответствует созданию более высококачественных и надежных объектов и процессов.

Составляют перечень дефектов/причин, для которых значение ПЧР превышает  $\text{ПЧР}_{\text{гр}}$ . Именно для них и следует далее вести доработку конструкции и (или) производственного процесса.

Для каждого дефекта/причины с  $\text{ПЧР} > \text{ПЧР}_{\text{гр}}$  команда должна предпринимать усилия к снижению этого расчетного показателя посредством доработки конструкции и (или) производственного процесса.

После того, как действия по доработке определены, необходимо оценить и

записать значения баллов значимости  $S$ , возникновения  $O$  и обнаружения  $D$  для нового предложенного варианта конструкции и (или) производственного процесса. Следует проанализировать новый предложенный вариант и подсчитать, и записать значение нового ПЧР.

Все новые значения ПЧР следует рассмотреть и, если необходимо дальнейшее их снижение, повторить предыдущие действия.

Ответственный за разработку конструкции и (или) производственного процесса инженер должен подтвердить, что все предложения членов команды по доработке были рассмотрены.

В конце работы FMEA-команды должен быть составлен и подписан протокол, в котором отражают основные результаты работы команды, включающие, как минимум:

- состав FMEA-команды;
- описание технического объекта и его функций;
- перечень дефектов или причин;
- экспертные баллы  $S$ ,  $O$ ,  $D$  и ПЧР для каждого дефекта;
- предложения команды по предупреждающим действиям;
- экспертные баллы для переработанного варианта.

При необходимости прилагают соответствующие расчеты, графики, чертежи.

### Пример FMEA бизнес-процессов

Для примера рассмотрен бизнес-процесс «Закупка материалов» условного предприятия, выпускающего кабельную арматуру.

Необходимо вначале описать бизнес-процесс, разбив его на операции, указав участников этого процесса и порядок обмена информацией между ними. Схема бизнес-процесса приведена на рис. 1.

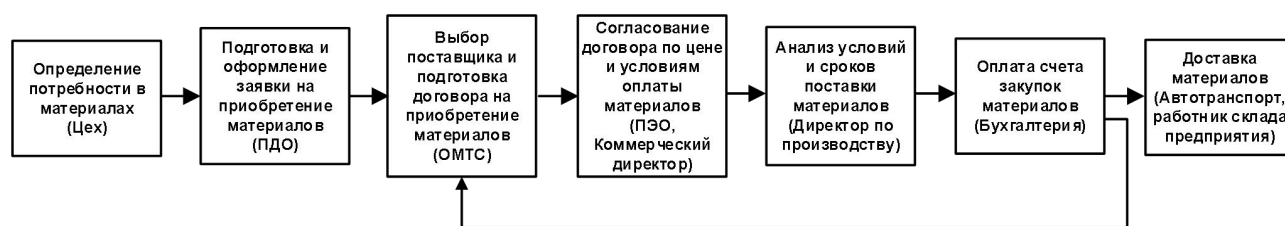


Рис. 1. Схема бизнес-процесса «Закупка материалов»

Рассмотрим более подробно действия каждого участника этого бизнес-процесса.

1. Потребность в материальных ресурсах (МР), необходимых для производства продукции, предназначенной для реализации, определяется производственно-диспетчерским отделом (ПДО).

Для этого не позднее, допустим, пяти рабочих дней по истечении месяца производственные цеха, склад предоставляют в ПДО информацию об остатках материальных ресурсов (заделов комплектующих). На основании этой информации начальник ПДО оформляет заявку на приобретение материальных ресурсов для нужд основного производства.

2. Заявка на приобретение материальных ресурсов (заявка), которая передается на исполнение в отдел материально-технического снабжения (ОМТС), должна содержать следующие обязательные разделы

- наименование заказываемой продукции, единицу измерения и количество;
- название подразделения, заказывающего продукцию, и Ф.И.О. лица, заполняющего заявку;
- желательный срок приобретения - срок, в течение которого подразделение, заказывающее продукцию, рассчитывает ее получить. Если срок не указан, считается, что он ограничен пятью рабочими днями;
- утверждаемая подпись соответствующего директора по направлениям; Ф.И.О. работника ОМТС, ответственного за исполнение данной заявки (графа заполняется в дальнейшем начальником ОМТС);
- дополнительные требования, если необходимо.

3. Начальник ОМТС определяет лицо, ответственное за осуществление закупки конкретного вида продукции. Исполнитель, ответственный за закупку продукции, связывается с поставщиком, определенным по Реестру одобренных поставщиков (если для данных материальных ресурсов в Реестре определен одобренный поставщик). В противном случае необходимо провести анализ нового поставщика. Счет, полученный от поставщика, а также Договор на поставку материальных ресурсов (при его наличии) передается работником ОМТС в планово-экономический отдел (ПЭО).

4. Должностное лицо ПЭО проверяет условия закупок, а также анализирует Договор на поставку (при его наличии) по следующим вопросам:

- соответствие цены продукции установленной плановой цене продукции;
- условия оплаты.

Процесс согласования счета подтверждается подписью должностного лица ПЭО на счете и в Договоре. После этого счет и Договор согласовываются с коммерческим директором (виза) и передаются директору по производству.

5. Директор по производству анализирует условия закупок на предмет удовлетворительности сроков поставки продукции, исходя из необходимых сроков производства, и передает счет в бухгалтерию на оплату.

6. Бухгалтерия имеет право принимать счета производственного назначения на оплату при выполнении следующих условий: наличие визы ПЭО; наличие утверждающей подписи генерального директора или директора по производству.

После оплаты счета работнику ОМТС, ответственному за покупку продукции, передается документ, подтверждающий оплату (копия платежного поручения) и доверенность на получение продукции у поставщика по счету.

7. Доставка продукции, как правило, осуществляется автотранспортом предприятия. Полученная у поставщика продукция и сопроводительные документы (накладная, счет-фактура и, при необходимости, документы, подтверждающие качество материальных ресурсов) передаются на склад.

Основываясь на сказанном выше, необходимо определить возможные опасные (критические) ситуации для каждой операции, т. е. действия, которые

могут привести к критическим последствиям. Метод FMEA позволяет оценить влияние операции на конечный результат самого процесса. Влияние сказывается в том, что нарушение одной или нескольких характеристик операции может вызвать критические последствия для процесса.

Затем необходимо провести **анализ возможных опасностей** в результате потенциальных нарушений операций.

При анализе информации, поступающей из цехов, возможными опасными факторами могут быть: сроки подачи информации в ПДО, степень полноты поступившей информации (количественный остаток материальных ресурсов и сроки поставки).

При составлении заявки и передаче ее в ОМТС опасными факторами могут быть: наличие в графе «желательный срок поставки» каких-либо записей, наличие в заявке всех заполненных обязательных разделов, соблюдение формы заявки, указанной в СТП.

При согласовании заявки и передаче ее в ПЭО — назначение ответственного лица за осуществление закупки конкретного вида продукции, наличие поставщика в реестре одобренных поставщиков (либо проведение его оценки).

При передаче счета из ПЭО коммерческому директору — анализ условия закупок (договора на поставку) на предмет соответствия цены продукции установленной плановой цене, анализ условий оплаты.

При передаче счета директору по производству — наличие подписи на счете, подтверждающей анализ со стороны сотрудника ПЭО и коммерческого директора, анализ условий поставки на предмет удовлетворенности сроками поставки продукции и исходя из необходимых сроков производства.

При передаче счета в бухгалтерию — наличие подписи директора по производству или генерального директора, подтверждающих анализ сроков поставки.

После оплаты счета при получении продукции ответственный за покупку должен иметь доверенность на получение продукции и документ, подтверждающий оплату счета.

При получении продукции поставщик должен предъявить накладную, счет-фактуру и другие документы, подтверждающие качество материальных ресурсов.

В первых четырех столбцах таблицы 4 отражены операции бизнес-процесса «Закупка материалов», а также описаны опасные ситуации, причины нарушения по каждой операции процесса и последствия ее нарушения.

Необходимо отметить, что в соответствии с ГОСТ Р 51814.2 таблица значений S, O и D для конкретного предприятия должна быть пересмотрена в соответствии со спецификой предприятия и конкретными последствиями дефектов. Такая специфика отражена в таблицах 5, 6 и 7 (применены несколько иные шкалы), что демонстрирует главную мысль - методика FMEA — это, прежде всего, инструмент управления качеством самого предприятия и он может быть не похож на реализации FMEA-метода для других организаций.



Таблица 5

Характеристика последствий нарушения операции (значимость)

Последствия нарушения операции	Балл S
Незначительные. Последствия легко устраняются	1 - 4
Значительные. Нарушение операции нарушает процесс	5
Критические. Нарушение операции приводит к остановке процесса	6 - 10

Таблица 6

Характеристика частоты нарушения операции (возникновение)

Частота событий	Балл О
Очень низкая	1
Низкая	2 - 5
Средняя	6
Высокая	7 - 8
Очень высокая	9 – 10

Таблица 7

Характеристика вероятности выявления нарушения операции (обнаружение)

Характеристика вероятности выявления нарушения операции	Балл D
Очень вероятная. Событие легко идентифицируется	1 - 2
Вероятная. Идентификация события простая	3 - 4
Средняя. Событие сложно идентифицировать	5 - 6
Низкая	7 - 8
Очень низкая. Событие не идентифицируется	9 - 10

Расчет критичности операций приведен в 5, 6, 7 и 8 столбцах таблицы 4, где приведенное число риска ПЧР:

$$\text{ПЧР} = S * O * D$$

Предлагаемые корректирующие действия (средства решения проблемы) по каждой операции процесса для снижения риска представлены в столбце 9 таблицы 4.

Таблица 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Операции	Описание опасной ситуации	Причина нарушения операции	Последствия	S	O	D	ПЧР	Средства решения проблемы
1. Определение потребности в материалах.	Не подготовлена заявка о потребности подразделения предприятия в материалах.	1.1. Некорректное определение потребности в материалах.	Нарушение сроков подачи заявки от подразделения в ПДО.	8	3	5	120	Обратить внимание на совершенствование методик подсчета необходимых материалов.
		1.2. Технические ошибки в заявке.		5	2	3	30	Нет критичной проблемы.
2. Подготовка и оформление заявки на приобретение материалов.	Не подготовлена заявка производственно-диспетчерским отделом.	2.1. Некорректная информация и/или оформление заявки.	Нарушение сроков подачи заявки в ОМТС.	5	3	3	45	Нет критичной проблемы.
		2.2. Перегружен производственно-диспетчерский отдел.		4	1	1	4	Нет критичной проблемы.
3. Выбор поставщика и подготовка договора на приобретение материалов.	Неправильно выбран поставщик. Не выставлен счет поставщиком. Не подготовлен договор.	3.1. Не проведен или не корректно проведен анализ поставщиков.	Дополнительные финансовые расходы на выбор поставщика и подготовку договора.	9	4	4	144	Совершенствовать средства контроля поставщиков.
		3.2. Не корректно представлен счет или сформирован договор.	Нарушение сроков представления договора в ПЭО.	6	3	3	54	Нет критичной проблемы.
4. Согласование договора по цене и условиям оплаты материалов.	Очень высокая цена. Отсутствие возможности выполнить условия оплаты.	4.1. Не корректно проведен анализ поставщиков.	Дополнительные финансовые расходы на выбор поставщика или согласования цены в договоре.	9	5	7	315	Совершенствовать методы оценки возможностей поставщиков.
		4.2. Не согласована цена и/или условия поставки материалов.	Нарушение сроков поставки материалов.	8	3	5	120	Усилить средства оперативного контроля документов и взаимодействия с поставщиком.

5. Анализ условий и сроков поставки материалов.	Сроки поставок не подходят по условиям заявки.	5.1. Не корректно проведен анализ поставщиков.	Дополнительные финансовые расходы на выбор поставщика или согласования сроков поставки в договоре. Нарушение сроков поставки материалов.	9	5	7	315	Совершенствовать методы оценки возможностей поставщиков.
		5.2. Не согласованы сроки и/или условия поставки материалов.		9	3	5	135	Усилить средства оперативного контроля документов и взаимодействия с поставщиком.
6. Оплата счета закупок материалов.	Счёт не оплачен. Доверенность и копия платёжного поручения не отданы ответственному лицу.	6.1. Недостаточно денежных средств.	Задержка оплаты. Увеличение сроков поставки материалов.	9	1	1	9	Нет критичной проблемы.
		6.2. Некорректно оформлены доверенность на получение материалов и/или копия платёжного поручения и/или счет-фактура		4	5	5	100	Нет критичной проблемы. Усилить средства оперативного контроля документов.
7. Доставка материалов	Оплаченные материалы не поступили на склад.	7.1. Отсутствие или занятость автотранспорта.	Простой производства. Срыв сроков поставки готовых изделий конечному потребителю.	6	4	5	120	Ужесточить требования к автотранспортным организациям.
		7.2. Отсутствие и/или не корректная информация в сопроводительных документах.		5	5	4	100	Нет критичной проблемы. Усилить средства оперативного контроля документов.
		7.3. Не соответствие количества поставленных материалов документам.		10	3	5	150	Провести аудит процессов выгодного контроля поставщика.

## **Задание**

Провести FMEA-анализ какого-либо процесса, например предложенного преподавателем.

Например, провести FMEA-анализ процесса «Маркетинговые исследования», который включает 8 основных операций:

1. Определение цели проведения маркетинговых исследований.
2. Разработка методики проведения маркетинговых исследований.
3. Разработка плана проведения маркетинговых исследований.
4. Подготовка бюджета проведения маркетинговых исследований.
5. Согласование и утверждение бюджета на проведение маркетинговых исследований.
6. Проведение маркетинговых исследований.
7. Проведение анализа маркетинговой информации.
8. Подготовка отчёта о состоянии рынка продаж и возможных потребителях.

## **Порядок выполнения работы**

1. Определиться с процессом для проведения его FMEA-анализа (процесс может быть предложен преподавателем).
2. Декомпозировать анализируемый процесс на основные операции (не менее 7 операций).
3. Проанализировать и подробно описать опасные ситуации, которые могут возникнуть при реализации каждой операции процесса.
4. Выявить и описать возможные причины нарушения каждой операции (не менее 2 причин).
5. Предвосхитить и описать возможные последствия нарушения выполнения каждой операции.
6. Обосновать значимость в баллах для каждой операции по следующим характеристикам: S – последствия нарушения операции (в соответствии с примером в таблице 5); O – частота нарушения операции (в соответствии с примером в таблице 6); D – вероятность выявления нарушения операции (в соответствии с примером в таблице 7).
7. Подсчитать приоритетное число риска (ПЧР) по каждой причине нарушения операции.
8. Определить и описать необходимые рекомендации и корректирующие действия по каждой причине нарушения по каждой операции в зависимости от предлагаемой шкалы ПЧР:  
ПЧР = 0–100 – не предполагается рекомендаций и корректирующих действий.  
ПЧР = 100–125 – разработка рекомендаций, направленных на устранение причины нарушения операции.  
ПЧР = 100–125 – разработка необходимых корректирующих действий по устранению причины нарушения операции.
9. Привести сводную таблицу результатов работы по образцу в

соответствии с примером в таблице 4.

10. Оформить отчет по проделанной лабораторий работе. Информационное наполнение содержания отчета должно включать подробное описание, необходимые рисунки (таблицы) и выводы в соответствии с пунктами выполнения задания к лабораторной работе.

Технические требования к оформлению отчета:

1. Наполнение: Титульный лист (шаблон в отдельной файле); содержание; информационное наполнение содержания; список используемых источников.

2. Технические требования: Microsoft Word; отступы на страницах – слева – 2,5; справа – 2; сверху – 2; снизу – 2; шрифт – Times New Roman кегль – 12; абзацный отступ – 1 см; выравнивание текста по ширине; оформление подписей рисунков и/или таблиц в соответствии с примерами, приведенными в описании лабораторной работы (подрисуночные подписи и наименования над таблицами – по центру станицы, слово «Таблица» и ее номер располагается выше строкой над названием таблицы с выравниванием по правому краю). Из текста лабораторной работы необходимы ссылки на рисунки и таблицы.

Примечание. Шрифт в рисунках и таблицах формируется с учетом целесообразности отображения.