

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИШИТР ТПУ

\_\_\_\_\_ Р. Э. Яворский

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

## ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Методические указания к выполнению практического задания

Дисциплина	Основы промышленной безопасности
Школа	Информационных технологий и робототехники (ИШИТР)
Отделение	Автоматизации и робототехники
Направление ООП (специальность)	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
Профиль подготовки	Системы промышленной безопасности
Уровень подготовки	Магистр
Курс / группа	1 / 8ТМ12
семестр	1

Зав. кафедрой - руководитель ОАР ИШИТР	_____ А. А. Филипас
Руководитель ООП	_____ В. В. Курганов
Преподаватель	_____ В. В. Курганов

2021 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Полное наименование практического задания

Источники информации

1. Цель и назначение работы
  2. Исследование HAZOP
    - 2.1. Последовательность выполнения HAZOP
    - 2.2. Требования проекта и цели проекта
    - 2.3. Применение HAZOP
  3. Процедура исследований HAZOP
    - 3.1. Инициирование исследований
    - 3.2. Определение целей и области исследования
    - 3.3. Обязанности и ответственность
    - 3.4. Предварительная работа
    - 3.5. Методы анализа
    - 3.6. Экспертиза
    - 3.7. Документация
  4. Общая характеристика объекта
  5. Требования к Исполнителю работ
  6. Объем выполняемых работ
  7. Требования к выполнению работы
  8. Результаты работ
  9. Индивидуальные задания
- Приложение 1
- Приложение 2
- Приложение 3



## **СОКРАЩЕНИЯ**

**AOP/ HAZOP** - анализ опасности и работоспособности (AOP)

**АСЗ/LOPA** – анализ слоев защиты

**АСУТП** – автоматизированная система технологического процесса

**ДВК** - датчик взрывоопасных концентраций газов

**КАР/QRA** – количественный анализ риска

**КИПиА** - контрольно-измерительные приборы и автоматика

**ОПО** – опасный производственный объект.

**ПАЗ** – противоаварийная автоматическая защита

**ПБ** – промышленная безопасность

**ПДК** – предельно допустимая концентрация

**ПЛК** – программируемый логический контроллер

**ПСБ** – приборная система безопасности (система ПАЗ)

**РСУ** – распределенная система управления

**ТЗ** – техническое задание

**ФБ** – функция безопасности

**УПБ/SIL** - уровень полноты безопасности

**ФНиП** – федеральные нормы и правила

**ХОПО** – химически опасные производственные объекты

**R&ID** - схема автоматизации (технологическая схема с КИПиА)

**РНА** - анализ опасностей процесса

**PFD** – вероятность отказа на запрос выполнения ФБ

**PFDavg** – среднее значение PFD на межпроверочном интервале

## ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

<b>Исследование HAZOP (Hazard and Operability Study)</b>	Инструмент (формализованный метод «мозгового штурма») для выявления возможных причин и потенциальных отклонений в технологическом процессе или в работе систем (оборудования), оценки последствий отклонений и, при необходимости, выработки рекомендаций по расширению (усилению) мер безопасности для достижения приемлемого остаточного риска.
<b>Руководитель (Председатель) HAZOP</b>	Специально обученный методике HAZOP высококвалифицированный инженер, который осуществляет руководство сессией HAZOP, управление рабочей группой и предоставляет результаты сессии в формате отчета.
<b>Секретарь HAZOP</b>	Лицо, ведущее протокол и фиксирующее в рабочих таблицах результаты обсуждений в ходе сессии HAZOP.
<b>Сессия HAZOP</b>	Организованная по месту и времени форма совместной работы участников исследования HAZOP с целью и сроками выполнения указанных в Техническом задании.
<b>Заказчик HAZOP</b>	Организация, подавшая запрос на проведение процедуры HAZOP.

<b>Рабочая группа HAZOP</b>	Группа специалистов, состоящая из экспертов в различных областях: технологи, механики, энергетики, специалисты КИПиА, ПЭБ, ОТ и ГЗ, представителей Заказчика, проектных организаций, инженеринговой компании и уполномоченная в проведении исследования (анализа) конкретного проекта (системы).
<b>Управляющее слово</b>	Слово или фраза, которые используются при анализе HAZOP и определяют специфический тип отклонения (например, давление повышение) от назначения технологического узла, выбранного для анализа HAZOP.
<b>Отклонение</b>	В исследовании HAZOP это отступление от регламентированных значений параметров технологического процесса (номинального режима).
<b>Причина</b>	В анализе HAZOP это обстоятельство, которое может вызвать отклонения в работе или изменении технологического параметра анализируемого узла.
<b>Последствия</b>	Результаты отклонений при анализе HAZOP, как для общего технологического процесса, так и для его сегмента (участка технологической схемы или отдельного аппарата), который анализируются. Подразделяются на категории по воздействию на:

безопасность, окружающую среду или работоспособность исследуемой системы (оборудования).

**Рекомендация**

Качественное решение, принятое консолидировано рабочей группой HAZOP при выявлении в процессе сессии HAZOP конструктивных недоработок проекта, которые могут поставить под угрозу безопасность персонала и/или окружающую среду, снижают работоспособность оборудования и указывающее на действие, рекомендованное для исполнения с учетом критичности.

**Узел (в HAZOP)**

Это сегмент/часть технологической системы или установки (секции или блока), имеющий определенное назначение и выбранный для анализа HAZOP.

**Безопасное состояние**

Состояние процесса, в котором достигается безопасность.

**Функция безопасности**

Функция, реализуемая одним или несколькими защитными слоями, которая предназначена для достижения или поддержания безопасного состояния процесса применительно к определенному опасному событию.

<b>Приборная система безопасности (система ПАЗ)</b>	Система контроля и управления, которая используется для выполнения одной или нескольких функций безопасности и состоит из одного или нескольких датчиков, из одного или нескольких логических устройств и из одного или нескольких исполнительных элементов.
<b>Необходимое снижение риска</b>	Уменьшение риска, которого необходимо достигнуть с помощью ПСБ и/или других слоев защиты, чтобы быть уверенным, что риск снижен до приемлемого уровня.
<b>Уровень полноты безопасности (УПБ/SIL)</b>	Дискретный уровень (принимающий одно из четырех возможных значений), назначаемый для ФБ ПСБ и определяющий требования к полноте безопасности, которая должна быть достигнута реализуемой ПСБ.
<b>Функциональная безопасность</b>	Часть общей безопасности процесса и ОСУП, которая зависит от правильного функционирования ПСБ и других слоев защиты.



## **Общая часть**

Настоящие методические указания (МУ) подготовлены с целью проведения работ по исследованию опасности и работоспособности (HAZOP) технологического объекта с анализом необходимых функций безопасности.

Смысл исследования HAZOP — проведение экспертизы, в процессе которой группа специалистов в различных научных дисциплинах под руководством лидера систематически исследует соответствующие части проекта или системы и идентифицирует отклонения от целей проекта или системы, используя базовый набор ключевых управляющих слов. Другими словами, исследование HAZOP является качественным методом исследования отклонений от проектных параметров исследуемого объекта в ходе технологического процесса, пуска и останова.

Исследование HAZOP предназначено для идентификации потенциальных отклонений от проектных параметров процесса, экспертизы их возможных причин и оценки их последствий, в том числе создание аварийных ситуаций, нанесение ущерба персоналу, населению, окружающей среде.

## **Полное наименование практического задания**

Анализ опасностей и работоспособности (AOP) методом HAZOP с определением требуемых уровней полноты безопасности (УПБ/SIL) для технологического объекта

## **Источники информации**

Перечень основных нормативных и технических документов, используемых для выполнения настоящих работ

1. «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах», утверждено приказом Ростехнадзора №144 от 11.04.2016 г.

2. «Методика установления допустимого риска аварии при обосновании безопасности опасных производственных объектов нефтегазового комплекса», утверждено приказом Ростехнадзора №349 от 23.08.2016 г.

3. ГОСТ Р МЭК 61508 (части 1-7) «Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью».

4. ГОСТ Р МЭК 61511 (части 1-3) «Безопасность функциональная. Системы безопасности приборные для промышленных процессов».

В процессе выполнения работы студент, при необходимости, запрашивает, а преподаватель предоставляет дополнительную информацию, необходимую для выполнения работ.

## **5. Цель и назначение работы**

Целью работы является описание принципов и процедур исследования опасности и работоспособности HAZOP для:

- идентификации потенциальных опасностей в системе, которые могут включать как опасности, касающиеся только самой системы, так и опасности со значительно более широкой сферой распространения, например, опасности для окружающей среды;
- идентификации потенциальных проблем работоспособности системы и, в частности, причин эксплуатационных нарушений и отклонений в производстве, приводящих к изготовлению несоответствующей продукции.

Результаты исследований HAZOP, такие как идентификация потенциальных опасностей и проблем работоспособности, оказывают существенную помощь в определении необходимых корректирующих мероприятий.

## **2. Исследование HAZOP**

### **2.1. Последовательность выполнения HAZOP**

Исследования HAZOP состоят из четырёх последовательных организационных и технических шагов.

#### **Шаг 1**

Определение

- определение области применения и целей проекта;
- определение ответственности;
- выделение группы.

**Цель проекта** - диапазон изменений характеристик состояния элементов системы, заданный или установленный по требованиям проектировщиков.

Цель проекта должна содержать следующие элементы:

- материалы;
- действия;
- источники;
- получатели.

Иногда элементы удобно определять через характеристики, количественные и качественные, например, в химической системе элемент «материал» может определяться через такие характеристики, как:

- температура;
- давление;
- уровень.

Для действия «транспортирование» могут использоваться такие характеристики, как нормы движения или число пассажиров. Для компьютерных систем часто характеристикой части является информация.

Группа HAZOP исследует каждый элемент (и характеристику, где это уместно) для выявления такого отклонения от целей проекта, которое может вести к нежелательным последствиям.

Идентификация отклонений от целей проекта достигается методом ответа на вопросы, сформулированные при помощи «управляющих слов».

«Управляющие слова» должны стимулировать образное мышление, фокусировать исследование, выявлять идеи и активизировать обсуждение и таким образом максимизировать возможности полного исследования.

## Шаг 2

### Подготовка

- планирование исследований;
- сбор данных (пакет исходной информации);
- выбор способа регистрации;
- оценка времени;
- составление графика исследований.

Перед экспертизой проекта выполняется сбор данных об исследуемом объекте. На данном этапе составляется описание проекта (или по-другому - представление проекта) - адекватное описание исследуемой системы, ее частей, элементов и их характеристик. Описанием проекта может быть физический проект или логическая модель проектируемой системы.

Представление проекта включает качественное или количественное описание функции каждой части и элемента системы.

Также представление должно включать описание взаимодействия системы с другими системами, с ее оператором/пользователем и, в необходимых случаях, с окружающей средой.

Соответствие элементов или их характеристик целям проекта определяет правильность функционирования и, в некоторых случаях, безопасность системы.

Представление системы состоит из двух основных частей:

- требований системы;
- физического и/или логического описания проекта.

Результаты исследования HAZOP зависят от полноты, адекватности и точности представления (описания) проекта и целей проекта.

Перед началом экспертизы группа должна рассмотреть весь пакет исходной информации и при необходимости откорректировать ее.

Возможный список документов представлен в Приложении 1.

### **Шаг 3**

#### Экспертиза

- декомпозиция системы (технологического объекта) на части (элементы);
- идентификация отклонений путём использования управляющих слов для каждого элемента объекта (см. таблицу 1, 2);
- идентификация последствий и причин;
- идентификация обозначения проблемы;
- идентификация механизмов защиты обнаружения и индикации;
- идентификация возможных корректирующих и смягчающих мероприятий;
- согласование действий группы;
- повторение вышеперечисленных действий для каждого элемента, а затем и системы.

В основе исследований HAZOP лежит целенаправленный поиск отклонений от целей проекта.

Для облегчения экспертизы систему разделяют на части так, чтобы цель проекта для каждой части была определена.

Размер выбранной части зависит от сложности системы и серьезности опасности.

При проведении экспертизы для сложных систем или систем, представляющих высокую опасность, **части должны быть как можно меньше.**

Для простых систем или систем, представляющих низкую опасность, выбирают крупные части, так как это убыстряет проведение исследования.

Выбор элементов для исследования является субъективным решением. Может существовать несколько комбинаций выбора, которые позволят достигнуть требуемой цели. Кроме того, выбор может зависеть от особенностей применения системы.

Элементами могут быть:

- дискретные шаги;
- стадии процедуры;
- отдельные сигналы и единицы оборудования в системе управления;
- оборудование;
- компоненты процесса или электронной системы;
- и т.п.

В некоторых случаях полезно описывать функцию части следующими характеристиками:

- входной материал, полученный из источника;
- действие, которое выполнено на этом материале;
- продукция, отправленная получателю.

#### **Шаг 4**

Документирование

- ведение записей по экспертизе;
- оформление документации;
- оповещение результатов исследований;
- разработка последующих действий;
- повторные исследования любых частей системы при необходимости;
- подготовка заключительного отчета.





Таблица 1 - Основные управляющие слова и их значения

Управляющее слово	Значение
НЕ ИЛИ НЕТ	Полное отрицание целей проекта
БОЛЬШЕ	Увеличение количества
МЕНЬШЕ	Уменьшение количества
ТАК ЖЕ, КАК	Качественное изменение/увеличение
ЧАСТЬ	Качественное изменение/уменьшение
ЗАМЕНА	Логическая противоположность целям проекта
ДРУГОЙ, ЧЕМ	Полная замена

Таблица 2 - Дополнительные управляющие слова и их значения

Управляющее слово	Значение
РАНО	Относится к времени
ПОЗДНО	Относится к времени
ПРЕЖДЕ	Относится к порядку или последовательности
ПОСЛЕ	Относится к порядку или последовательности

Управляющие слова допускается использовать, если они идентифицированы до начала экспертизы. Каждое управляющее слово применяется к каждому элементу. Поиск отклонений выполняется системным образом. При помощи управляющих слов выявляют возможные причины и последствия данно-

го отклонения. Также могут исследоваться механизмы обнаружения или индикации отказов.

Управляющее слово и соответствующий элемент могут быть представлены в виде матрицы с управляющими словами (строки) и элементами (столбцы).

В каждой ячейке матрицы находится определенная комбинация управляющих слов и элементов.

Чтобы достичь всесторонней идентификации опасностей, необходимо, чтобы элементы охватывали все аспекты целей проекта, а управляющие слова — все отклонения.

Не все комбинации управляющих слов/элементов дают правдоподобные отклонения, так что после рассмотрения всех комбинаций управляющих слов и элементов в матрице может быть несколько пустых ячеек.

Имеются две возможные последовательности исследования ячеек матрицы: по столбцам (по элементам) рисунок 1 или по строкам (управляющим словам) рисунок 2.

Результаты экспертизы в обоих случаях должны совпадать.

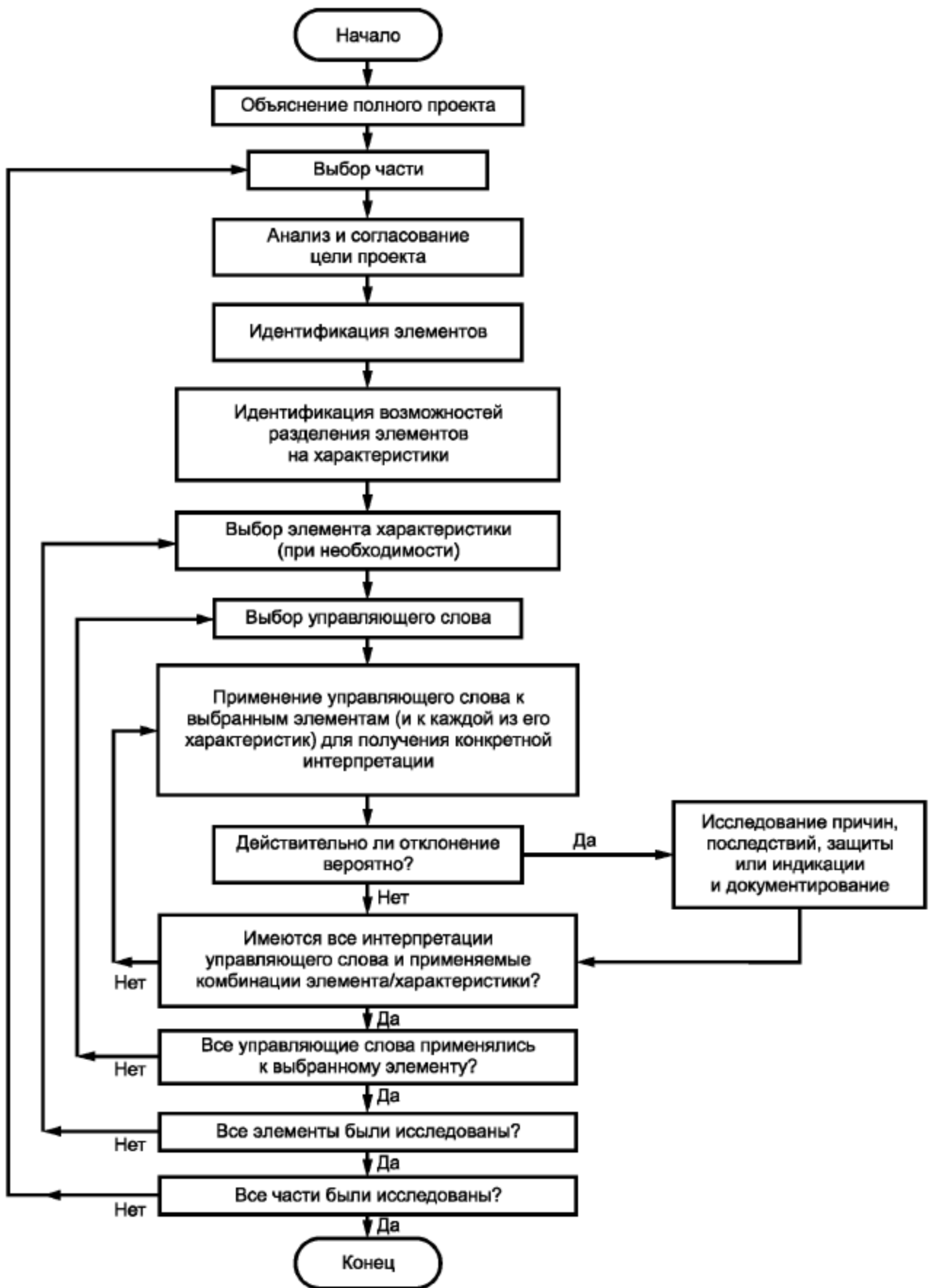


Рисунок 1 - Исследование матрицы по столбцам

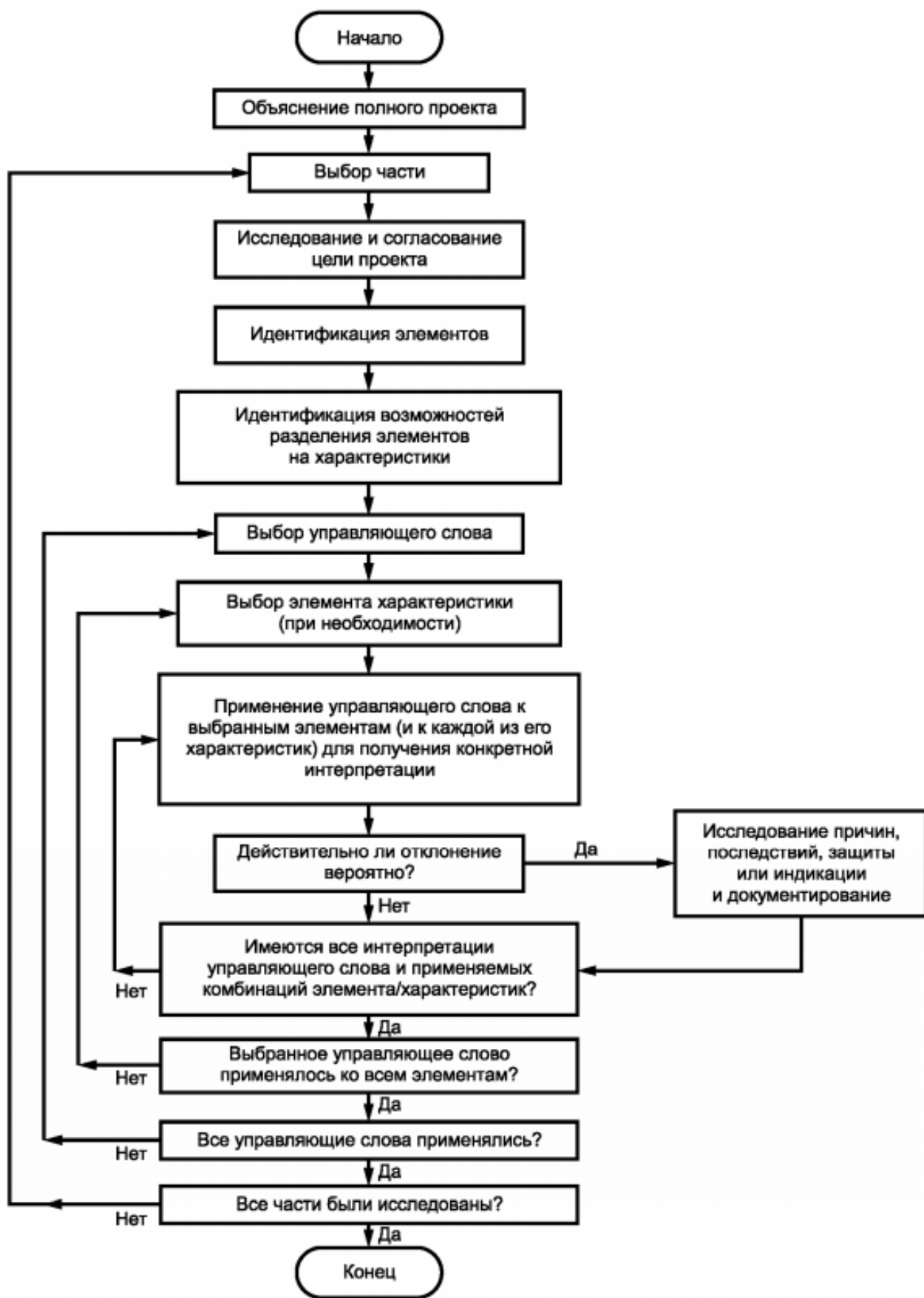


Рисунок 2 - Исследование матрицы по строкам

## 2.2. Требования проекта и цели проекта

Входные данные - качественные и количественные требования, которым должна удовлетворять система, и которые являются основой для разработки проекта системы и целей проекта.

Все ожидаемые варианты неправильного использования системы должны быть идентифицированы. Требования проекта и итоговые цели проекта должны отвечать ожиданиям заказчика.

На основе требований к системе проектировщик разрабатывает проект системы, то есть определяет конфигурацию системы, назначает конкретные функции подсистем и компонент, определяет и выбирает компоненты.

Проектировщик должен не только учитывать, для каких целей предназначено оборудование, но и гарантировать, что не будут происходить отказы при любом наборе условий, и что оборудование будет работать в течение установленного срока службы.

Нежелательное поведение или особенности также должны быть идентифицированы для устранения уменьшения нежелательных эффектов при проектировании.

Эта информация используется для определения целей исследуемых частей.

В соответствии с целями проекта формируют базовую линию экспертизы, поэтому цели проекта должны быть корректными и как можно более полными.

Проверка целей проекта находится вне области применения исследований HAZOP, но лидер должен установить, что они являются корректными и полными для начала исследования.

В большинстве случаев в документации в целях проекта указывают лишь основные функции системы и ее параметры в нормальном режиме эксплуатации.

Однако условия аварийных эксплуатационных режимов и нежелательных действий, которые могут произойти (например, сильные вибрации, гидравлический удар в трубах, колебания напряжения) и привести к отказу системы, должны быть идентифицированы и рассмотрены в процессе экспертизы.

В процессе экспертизы также должны быть установлены механизмы деградации, такие как старение, коррозия, эрозия и другие процессы ухудшения свойств материалов. Они должны быть идентифицированы и исследованы с использованием соответствующих управляющих слов.

Ожидаемый срок службы, надежность, ремонтпригодность и средства технического обслуживания системы также должны быть идентифицированы и исследованы вместе с опасностями, которые могут появиться в процессе технического обслуживания, если эти действия включены в область применения исследований HAZOP.

### **2.3. Применение HAZOP**

Область применения исследования HAZOP включает:

- программное обеспечение, включая программируемые электронные системы;
- системы, включающие перемещение людей транспортными средствами, такими как автомобильные и железные дороги;
- исследование различных операционных последовательностей и процедур;
- оценку административных процедур в различных отраслях промышленности;
- оценку конкретных систем, например медицинских устройств.

HAZOP применяют для:

идентификации слабых мест (существующих или предполагаемых) в системах, включая:

- поток материалов;
- людей;
- данных;
- событий;
- действий в запланированной последовательности или в процедурах,

управляющих такой последовательностью,

- исследования опасности и потенциальных проблем, связанных с различными режимами эксплуатации данной системы, например:

- запуск;
- резервирование;
- нормальная эксплуатация;
- нормальное завершение;
- чрезвычайное завершение,
- неустановившихся процессов и последовательностей;
- непрерывных процессов.

### **3. Процедура исследований HAZOP**

#### **3.1. Инициирование исследований**

Обычно исследование инициализируется специалистом, ответственным за проект, который называется «руководителем проекта».

Руководитель проекта должен определить сроки проведения исследований HAZOP, назначить лидера исследований и обеспечить необходимые ресурсы для их выполнения.

Необходимость исследований HAZOP определяется при планировании на основе юридических требований или требований политики предприятия.

С помощью лидера исследований руководитель проекта должен определить область и цели исследования.

До начала исследования должен быть назначен специалист, ответственный за выполнение исследований в точном соответствии с установленными требованиями. Этот специалист должен быть наделен соответствующими полномочиями.

#### **3.2. Определение целей и области исследования**

Цели и область исследований взаимосвязаны и должны разрабатываться совместно.

Они должны быть четко сформулированы и должны гарантировать, что:

- границы системы и ее интерфейсы с другими системами и средой четко определены;
- группа исследований сформирована и не будет отклоняться от целей исследования.

#### **Область исследования**

Область исследования зависит от следующих факторов:



- физических границ системы;
- количества и уровня деталей, указанных в описании проекта;
- содержания любых предыдущих исследований HAZOP или других исследований системы;
- любых других требований, применимых к системе.

### **Цели исследования**

Исследование HAZOP направлено на идентификацию всех опасностей и проблем, возникающих при эксплуатации системы, независимо от их типа или последствий.

Исследование HAZOP дает возможность провести исследование опасностей за более короткий срок меньшими затратами усилий.

При определении целей исследования должны учитываться следующие факторы:

- цель, для которой будут использоваться результаты исследования;
- стадии жизненного цикла, на которых должно проводиться исследование;
- люди или собственность, которые могут подвергаться опасности, например, персонал, население, среда, система;
- проблемы работоспособности системы, включая влияние на качество продукции;
- требования стандартов по безопасности и эффективности эксплуатации системы.

### **3.3. Обязанности и ответственность**

Обязанности и ответственность членов группы, выполняющей исследования HAZOP, должны быть четко определены руководителем проекта и согласованы с лидером исследований HAZOP перед началом работ.

Лидер исследований должен рассмотреть проект, чтобы определить, является ли информация доступной, а также какие требования предъявляются к подготовке и навыкам членов группы исследования.

Должна быть разработана программа действий, которая учитывает сроки разработки промежуточных отчетов по проекту и дает возможность своевременно выполнять приведенные в них рекомендации.

Лидер исследования должен гарантировать, что установлена соответствующая система обмена информацией, которая используется для передачи результатов исследования HAZOP.

Руководитель проекта должен гарантировать, что разработанные группой мероприятия, основаны на результатах исследования. Решения по выполнению этих мероприятий должны быть документированы.

Руководитель проекта и лидер исследований должны решить, ограничивается ли работа группы HAZOP идентификацией опасностей и проблемных областей (в этом случае соответствующие документы направляют руководителю проекта и в группу проектирования для выработки необходимых решений) или группа HAZOP также разрабатывает корректирующие / смягчающие мероприятия (необязательные мероприятия). В последнем случае также необходимо соглашение между руководителем проекта и лидером исследований HAZOP относительно ответственности и механизма выбора предпочтительных корректирующих/смягчающих мероприятий и выдачи соответствующего разрешения для выполнения необходимых действий.

Исследование HAZOP является результатом работы группы, в которой каждый член выполняет определенную роль. Группа должна включать минимальное число членов, имеющих необходимые технические знания об эксплуатации системы.

Обычно в группу включают от четырех до семи человек. Чем больше группа, тем медленнее идет процесс исследования. Если система разработана подрядчиком, в группу должны входить специалисты от подрядчика и от клиента.

Состав группы:

### **Лидер исследования**

не имеет тесных связей с группой проектирования и проектом. Обучен и имеет опыт руководства HAZOP исследованиями. Отвечает за обмен информацией между руководителем проекта и HAZOP группой. Составляет план исследования. Согласует состав группы исследования. Обеспечивает получение группой исследования пакета описания проекта. Предлагает управляющие слова, интерпретации элемента/характеристики, которые нужно использовать в исследовании. Руководит процессом исследования, обеспечивает документирование результатов.

### **Регистратор**

оформляет документы, относящиеся к заседаниям группы HAZOP. Документирует идентифицированные опасности, проблемные области, предлагаемые рекомендации. Помогает лидеру исследования в планировании и администрировании работы. В некоторых случаях эту роль может выполнять лидер исследования.

### **Проектировщик**

разъясняет описание проекта. Объясняет, как может происходить конкретное отклонение и соответствующее изменение системы.

### **Пользователь**

дает пояснения по состоянию, в котором рассматривается исследуемый элемент, последствия и отклонения и степени их опасности.

### **Специалист**

проводит экспертизу системы и ее анализ.

### **Ремонтник**

(представитель службы технического обслуживания) проводит техническое обслуживание и ремонт (при необходимости).

**Мнения проектировщика и пользователя всегда должны учитываться при проведении исследования.**

Однако в зависимости от стадии жизненного цикла системы, на которой выполняется исследование, тип специалистов, необходимых для проведения исследования, может изменяться.

Для эффективного участия в исследовании все члены группы должны иметь достаточное знание метода.

### **3.4. Предварительная работа**

#### **Общие положения**

Лидер исследования несет ответственность за следующую предварительную работу:

- получение информации;
- занесение информации в соответствующие формы;
- планирование последовательности обсуждений;
- подготовку заседаний.

Кроме того, лидер исследования может принимать меры по разработке баз данных и других действий для идентификации инцидентов, которые произошли с исследуемыми или аналогичными технологиями и системами.

Лидер исследования должен обеспечивать группу HAZOP описанием проекта в доступной адекватной форме. Если описание проекта неясно или является неполным, оно должно быть исправлено или дополнено до начала исследований.

На стадии планирования исследования части, элементы и их характеристики должны быть идентифицированы в описании проекта специалистом-проектировщиком.

Лидер исследования отвечает за подготовку плана исследования, который должен содержать:

- цель и область исследований;
- список участвующих специалистов;
- технические детали:
- описание проекта, в котором все части и элементы указаны с определенными целями проекта;
- для каждого элемента должен быть установлен список компонентов, материалов и функций и их характеристики;
- список предлагаемых для использования управляющих слов и интерпретации управляющих слов (комбинации элемента / характеристики);
- список соответствующих ссылочных документов;
- административные меры, график заседаний, включающий даты, время и место проведения;
- формы регистрации;
- формы, которые могут потребоваться при проведении исследования.

Для эффективного проведения заседаний необходимо обеспечить соответствующее помещение, наглядную информацию и регистрирующие средства.

Пакет документов для обсуждения, состоящий из плана исследований и необходимых ссылочных документов, должен рассылаться членам группы исследования перед первым заседанием.

Для ознакомления с объектом исследования рекомендуется провести физический обзор системы.

Успех исследования в большой степени зависит от внимательности членов группы, поэтому необходимо, чтобы заседания имели ограниченную продолжительность и между заседаниями были перерывы.

За выполнение этих требований отвечает лидер исследований.

## Описание проекта

Типовое описание проекта состоит из следующей документации, которая должна быть четко и однозначно идентифицирована, утверждена и датирована:

а) Для всех систем:

- требования проекта и его описание;
- функциональные диаграммы блоков (функциональные схемы);
- диаграммы контроля;
- электрические схемы;
- таблицы технических данных;
- схемы расположения;
- спецификации;
- требования к эксплуатации и техническому обслуживанию.

б) Для систем с поточными процессами:

- диаграммы конвейерных перемещений,
- спецификации материалов, стандартного оборудования,
- размещение конвейеров и систем.

с) Для программируемых электронных систем:

- диаграммы потока;
- объектно-ориентированные диаграммы проекта;
- диаграммы перехода;
- временные диаграммы;
- логические диаграммы.

Кроме того, необходима документация, включающая следующую информацию:

- границы объекта исследования и интерфейсы;
- условия окружающей среды, в которых будет работать система;

- квалификацию, навыки и опыт персонала по эксплуатации и техническому обслуживанию;
- инструкции по эксплуатации;
- данные экспериментальной эксплуатации и технического обслуживания и известные опасности аналогичных систем.

### **Управляющие слова и отклонения**

**На стадии планирования исследования HAZOP** лидер исследования должен предложить начальный список управляющих слов, а также должен проверить предложенные управляющие слова системы и подтвердить их адекватность. Выбор управляющих слов должен быть тщательно рассмотрен, так как управляющее слово, которое является слишком конкретным, может ограничивать идеи и обсуждение, а управляющее слово, которое является слишком общим, не может эффективно сконцентрировать исследование HAZOP.

Некоторые примеры различных типов отклонений и соответствующих управляющих слов приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Различные типы отклонений и соответствующие им управляющие слова

Тип отклонения	Управляющее слово	Пример для промышленного процесса	Пример для программируемой электронной системы
Отрицательный	НЕТ	Цель не достигнута даже частично, например, нет потока	Данные или сигналы правления не проходят
Количественные изменения	БОЛЬШЕ	Количественное увеличение, например, более высокая температура	Данные передаются с более высокой скоростью, чем требуется
	МЕНЬШЕ	Количественное уменьшение, например, снижение температуры	Данные передаются с более низкой скоростью, чем требуется
Качественные изменения	ТАК ЖЕ, КАК	Выполнение другой операции/ шага	Присутствует дополнительный или ошибочный сигнал
	ЧАСТЬ	Достигнута часть цели, например, только часть предназначенной жидкости переместилась	Данные или сигналы управления неполны
Замена	ПЕРЕМЕНА	Имеется обратный поток в каналах и обратные химические реакции	Неуместные сигналы или данные
	ДРУГОЙ, ЧЕМ	Результат не соответствует первоначальной цели, например, применен другой материал	Данные или сигналы управления неверные
Время	РАНО	Функция выполняется раньше, чем нужно, например, охлаждение или фильтрация	Сигналы поступают слишком рано



Тип отклонения	Управляющее слово	Пример для промышленного процесса	Пример для программируемой электронной системы
	ПОЗДНО	Функция выполняется позднее, чем нужно, например, охлаждение или фильтрация	Сигналы поступают слишком поздно
Порядок или последовательность	ПРЕЖДЕ, ЧЕМ	Функция выполняется слишком рано в последовательности действий, например, смешивание или нагревание	Сигналы поступают раньше, чем требуется
	ПОСЛЕ	Функция выполняется слишком поздно в последовательности, например смешивание или нагревание	Сигналы поступают позже, чем требуется

### 3.5. Методы анализа

#### Метод анализа видов и последствий отказов («Метод FMEA»)

**Назначение метода.** Применяется при разработке и непрерывном совершенствовании продукции и процессов. Метод FMEA - инструмент управления качеством и достижения эффективного производства конкурентоспособной продукции.

**Цель метода.** Повысить качество и обеспечить устойчивое, эффективное производство конкурентоспособной продукции и процессов за счет предотвращения появления дефектов (отказов) или уменьшения негативных последствий от них.

**Суть метода.** FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) - систематизированная совокупность мероприятий, позволяющих:

- выявить потенциальные дефекты и варианты отказов, которые могут возникнуть при применении продукции или функционировании процесса;
- определить основные причины их появления и возможные последствия;
- выработать действия по устранению этих причин или предотвращению возможных последствий.

#### План действий

- распознавание и оценка потенциальных дефектов и (или) отказов продукции или процесса и их последствий;
- определение действий по устранению или уменьшению вероятности возникновения потенциальных дефектов и (или) отказов;
- документирование всех этих мероприятий.

**Анализ дерева неисправностей** или **Анализ дерева отказов** (Fault tree analysis, FTA),

«Анализ дерева неисправностей (FTA)» — это метод идентификации и анализа факторов, которые могут способствовать наступлению некоторого нежелательного события (называемого конечным событием - “top event”) Факторы-причины **определяются дедуктивным способом, логически выстраиваются** и представляются графически в виде диаграммы-дерева, которая изображает связь факторов-причин с основным событием.

Факторами, указанными в дереве неисправностей, могут быть события, связанные с отказами компонентов компьютерного оборудования, ошибками человека или другими событиями, которые могут привести к нежелательному событию.

FTA эффективно используются, чтобы:

Понимать логику, ведущую к верхнему событию/нежелательному состоянию (отказу системы).

Показать соответствие с системой безопасности/требованиям к надежности.

Ранжировать участников, ведущих к вершине – создание важного оборудования/запчастей/списков событий.

Мониторить и контролировать показатели состояния сложных систем. Например, безопасно ли летать на конкретном самолете, если топливный клапан имеет определенное количество неисправностей? Как долго можно летать с неисправностью клапана? Как долго можно эксплуатировать технику с данным дефектом и т.д.

Минимизировать и оптимизировать ресурсы

Помочь в проектировании системы. FTA может быть использован как средство проектирования, которое помогает создать требования. (Выход/нижний уровень)

**Входные данные.** Для качественного анализа необходимо хорошее знание системы и понимание причин отказа, а также понимание того, как система

может выйти из строя. Для анализа полезно использование детальных схем дерева неисправностей.

Для проведения количественного анализа необходимы данные об интенсивности или вероятности отказа всех основных событий, указанных в дереве неисправностей.

#### **Выходные данные.**

- наглядное представление путей возникновения конечного события и взаимодействующих путей в ситуации, когда одновременно могут произойти два или более событий;
- набор минимальных сечений (возникновения путей отказа системы) и оценка вероятности отказа системы для каждого сечения;
- оценка вероятности конечного события.

**Процесс выполнения метода.** Выделяют следующие этапы разработки диаграммы дерева неисправностей:

- определение конечного события, которое необходимо проанализировать. Это может быть отказ или более общие последствия отказа. После того как последствия отказа проанализированы, в дерево неисправностей может быть включена часть, относящаяся к сокращению интенсивности и последствий отказа;
- идентификация возможных причин или видов отказов, приводящих к конечному событию, начиная с конечного события;
- анализ идентифицированных видов и причин отказа для определения того, что конкретно привело к отказу;
- последовательная идентификация нежелательного функционирования системы с переходом на более низкие уровни системы, пока дальнейший анализ не станет нецелесообразным. В технической системе это может быть уровень отказа компонентов. События и факторы на самом низком уровне анализируемой системы называют базисными событиями;

- оценка вероятности базисных событий (если применимо) и последующий расчет вероятности конечного события. Для обеспечения достоверности количественной оценки следует показать, что полнота и качество входных данных для каждого элемента достаточны для получения выходных данных необходимой достоверности. В противном случае дерево неисправностей недостаточно достоверно для анализа вероятности, но может быть полезным для исследования причинно-следственных связей.

### **3.6. Экспертиза**

Лидер исследований должен вести заседание в соответствии с планом исследований.

В начале заседания лидер исследования или член группы, знакомый с исследуемым процессом, должен:

- представить план исследования и обеспечить, чтобы члены группы ознакомились с системой, целями и областью исследования;
- представить описание проекта и объяснить предложенные элементы и управляющие слова, которые необходимо использовать;
- указать известные опасности, проблемы эксплуатации и потенциально опасные области.

Анализ должен соответствовать технологическому маршруту или последовательности, обусловленной темой анализа от входов к выходам. Методы идентификации опасностей, такие как HAZOP, основаны на поэтапной проверке процесса. Имеются две возможные последовательности экспертизы:

- сначала элемент;
- сначала управляющее слово.

Последовательность «сначала элемент»:

а) лидер исследования выбирает часть описания проекта, являющуюся исходной точкой исследования. Затем объясняет цель проекта. Части, элементы и любые характеристики, связанные с этими элементами, должны быть идентифицированы.

б) Лидер исследования выбирает один из элементов и согласует с группой, должно ли управляющее слово применяться непосредственно к элементу или к отдельным характеристикам этого элемента.

Лидер исследования выбирает, какое управляющее слово должно применяться первым.

с) Интерпретация управляющего слова, применяемого первым, исследуется применительно к исследуемому элементу или характеристике для выявления вероятного отклонения от целей проекта.

Если вероятное отклонение идентифицировано, исследуются возможные причины и последствия. В некоторых случаях указывают категории отклонения по тяжести последствий или по относительному риску, основанному на использовании матрицы рисков (ГОСТ Р 51901.1).

д) Группа проводит идентификацию наличия механизмов защиты, обнаружения и индикации отклонений, которые могут входить в выбранную часть или обеспечивать выполнение целей проекта другими частями. Такие механизмы защиты не должны быть предназначены для устранения исследуемой потенциальной опасности или проблемы работоспособности, или попытки уменьшения вероятности их появления или смягчения последствий.

е) Лидер исследования суммирует результаты, которые затем документирует регистратор. При необходимости дополнительной работы специалиста его необходимо зарегистрировать, как ответственного за выполнение этой работы.

ф) Процесс повторяют сначала для всех других интерпретаций этих управляющих слов, затем для других управляющих слов, затем для каждой характеристики исследуемого элемента (если анализ на уровне характеристики был

согласован для этого элемента), затем для каждого исследуемого элемента части, после того как часть исследована. Процесс повторяют до тех пор, пока не будут исследованы все части.

Альтернативный метод применения управляющих слов состоит в том, чтобы первое управляющее слово можно было применить к каждому из элементов части. После этого результаты исследования со следующим управляющим словом применяют ко всем элементам. Процесс повторяют до тех пор, пока все управляющие слова не будут применены ко всем элементам части (рисунок 2).

Выбор последовательности и действий должны проводить лидер исследования и группа HAZOP.

На этот выбор влияет способ проведения экспертизы HAZOP. Другими факторами, влияющими на выбор, являются характер использованных методов, потребность в гибкости проведения экспертизы и квалификация членов группы.

### **3.7. Документация**

Основным достоинством исследования HAZOP является то, что он представляет собой систематический, упорядоченный и документированный подход. Лидер исследования отвечает за оформление соответствующих отчетов по каждому заседанию. Регистратор должен обладать хорошими техническими знаниями в области исследуемой темы, лингвистическими навыками и хорошими способностями выслушивать и обращать внимание на детали.

Существует два основных вида регистрации HAZOP: полный и частичный. Вид регистрации и регистратор должны быть определены до начала заседания.

Полная регистрация заключается в записи всех результатов применения каждого управляющего слова (комбинации элемент/характеристика) к каждой части или элементу в описании проекта. Этот способ регистрации используют в случае, если необходимо, чтобы исследование было полным и удовлетворяло наиболее строгим требованиям аудита.

Частичная регистрация заключается в записи только идентифицированных опасностей, проблем работоспособности и последующих действий.

Частичная регистрация позволяет формировать более управляемую документацию. Однако эти документы не отражают всех деталей исследования и поэтому менее полезны для целей аудита. Частичная регистрация может привести к повторению исследований в будущем. Поэтому частичная регистрация является минимальным требованием и должна использоваться с осторожностью.

При выборе вида регистрации должны учитываться следующие факторы и регулирующие требования:

- договорные обязательства;
- общая политика предприятия;
- требования прослеживаемости и аудита;
- величина рисков исследуемой системы;
- время и доступные ресурсы.

### **Выводы исследования**

Выводы HAZOP должны включать следующую информацию:

- подробные данные об идентифицированных опасностях и проблемах работоспособности вместе с подробными данными об условиях для их обнаружения и/или уменьшения;
- рекомендации по дальнейшим исследованиям аспектов проекта, использующих различные методы (при необходимости);
- действия, необходимые для определения источников неопределенности, обнаруженных при исследовании;
- рекомендации для уменьшения последствий выявленных проблем, основанные на знаниях группы о системе (области исследований);
- примечания, которые обращают внимание на специфические моменты технического обслуживания и эксплуатации;



- список членов группы, присутствующих на каждом заседании;
- перечень всех частей, рассматриваемых в процессе анализа вместе с объяснением, когда каждая из них была исключена;
- перечень всех рисунков, спецификаций, листов данных, сообщений и других данных, используемых группой.

При частичной регистрации эти выводы обычно приводят в краткой форме в рабочих таблицах HAZOP. При полной регистрации требуемые выводы можно сделать отдельно по рабочим таблицам.

#### Сообщение о требованиях

Зарегистрированная информация должна соответствовать следующим требованиям:

- каждая опасность и проблема, возникающие при эксплуатации, должны быть зарегистрированы в виде отдельного пункта;
- все опасности и проблемы эксплуатации, а также причины их возникновения должны быть зарегистрированы независимо от наличия механизмов защиты или индикации, существующих в системе;
- каждый вопрос, поставленный группой исследования на заседании, должен быть зарегистрирован. Также должна быть указана фамилия специалиста, отвечающего за его решение;
- должна быть принята система нумерации для гарантии распознавания каждой опасности, проблемы эксплуатации, вопроса, рекомендации и т.д.;
- документация исследования должна архивироваться для ее быстрого обнаружения при необходимости в файле регистрации опасностей системы (если такой существует).

Перечень лиц, которые должны получить копию заключительного отчета, определяется внутренней политикой предприятия или регулируемыми требованиями.

В него должны быть включены фамилии руководителя проекта, лидера исследования и специалиста, ответственного за выполнение последующих действий/рекомендаций .

#### **Заключительная документация**

В конце исследования должен быть разработан и согласован с группой отчет. Если согласование не достигнуто, должны быть зафиксированы причины.

#### **4. Общая характеристика объекта**

...

## 5. Требования к Исполнителю работ

Организация-исполнитель (Исполнитель) работ должен удовлетворять следующим требованиям:

1. Иметь опыт (неоднократный) выполнения требуемого комплекса работ на аналогичных ОПО (представить референс-лист).
2. Специалисты Исполнителя должны быть аттестованы в области Промышленной безопасности соответствующих ОПО (А, Б1 - химическая, нефтехимическая и нефтеперерабатывающая промышленность).
3. Исполнитель должен подтвердить свою компетентность в области исследования HAZOP и функциональной безопасности систем.
4. Исполнитель должен использовать специализированное программное обеспечение, аттестованное для выполнения настоящих работ.
5. Исполнитель должен обладать знаниями в области аппаратной и программной реализации систем автоматизации на базе современных комплексов программно-технических средств АСУТП и полевого КИПиА (предпочтительно иметь опыт проектирования, поставки, внедрения, сервисного обслуживания и др.).

## **6. Объем выполняемых работ**

В рамках выполнения исследования HAZOP необходимо:

Провести исследование HAZOP, а именно:

- идентификацию опасностей и проблем работоспособности на основе анализа физических и химических циркулирующих жидкостей и газов, режимов эксплуатации, схем расположения и системы технического обслуживания оборудования, присущих технологическому процессу и оборудованию установки;
- выявление возможных причин, приводящих к идентифицированным опасностям;
- оценку риска для каждой из идентифицированных опасностей и анализ его допустимости применительно к персоналу, оборудованию и окружающей среде, включая идентификацию исходных событий и возможного сценария развития аварии, количественную оценку вероятности возникновения несчастного случая или аварии и оценку их последствий.

## 7. Требования к выполнению работы

Все работы выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ Р 27.012-2019 «Надежность в технике. Анализ опасности и работоспособности (HAZOP)» и ГОСТ Р МЭК 61511-3-2018 «Безопасность функциональная. Системы безопасности приборные для промышленных процессов».

В рамках проведения исследования HAZOP в соответствии с ГОСТ Р 27.012-2019 должны проводиться следующие работы:

- разделение технологической системы на составляющие части (узлы, элементы) и согласование его с преподавателем (Заказчиком);
- идентификация потенциальных опасностей частей системы с использованием соответствующих управляющих слов (ЕСТЬ, НЕТ, БОЛЬШЕ, МЕНЬШЕ, ПОЗЖЕ, РАНЬШЕ и др.), направленная на выявление различных отклонений от целей проекта;
- определение возможных причин выявленных отклонений;
- качественная оценка возможных последствий выявленных отклонений;
- анализ предусмотренных проектом средств безопасности для предотвращения рассматриваемых отклонений;
- назначение лиц, ответственных за реализацию предложенных решений.

При выполнении процедуры HAZOP должны проводиться заседания (сессии HAZOP), в которых должна участвовать группа специалистов (рабочая группа HAZOP), состоящая из:

- руководителя (председателя) исследований (специалист экспертной организации);
- секретаря (специалист экспертной организации);
- специалистов по анализу и оценке риска – (специалистов экспертной организации);

- специалистов проектной организации (специалиста по проектированию технологической части, специалиста по проектированию АСУТП и КИПиА);
- специалистов организации-заказчика проекта (в том числе специалиста по промышленной безопасности);
- специалистов эксплуатирующей организации (специалиста по эксплуатации технологической части, специалистов по проектированию АСУТП и КИПиА);
- других специалистов (при необходимости): инженера-механика, инженера-энергетика, специалиста по пожарной безопасности и т.д.

Общая численность группы исследования, как правило, должна быть от 4 до 10 человек. Профессиональные функции могут комбинироваться, если уровень компетенции члена комиссии в соответствующих областях не вызывает сомнений, и при этом численность группы должна быть не менее 4 человек. Допускается в обоснованных случаях увеличивать численность группы исследования более 10 человек.

Присутствие всех участников, как правило, должно быть обеспечено на всем протяжении HAZOP. Фамилии специалистов, принимающих участие в исследовании, должны заноситься в Ведомость учета участников заседания рабочей группы HAZOP. Допускается в обоснованных случаях заменять/допускать отсутствие отдельных участников без потери компетенций и нарушения требования минимальной численности группы.

На стадии планирования исследования HAZOP под руководством Руководителя исследования должно быть выполнено (и согласовано со специалистом, хорошо знающим проект установки) разделение установки на узлы с идентификацией их характеристик. Руководитель исследования должен обеспечить группу HAZOP описанием исследуемых узлов установки в доступной адекватной форме. Если описание узлов некорректно или является неполным, оно должно быть исправлено или дополнено до начала исследований.

Руководитель исследования должен обеспечить подготовку плана исследования, в котором должны быть приведены следующие сведения:

цели и область применения исследования;

список членов группы исследования;

технические детали:

- описание проекта, в котором указаны все исследуемые части с соответствующими каждой части целями проекта, приведен перечень компонентов, материалов и функций, соответствующих частей;

- список предлагаемых для использования управляющих слов и их применения к свойствам частей в соответствии с п.6.4.3 ГОСТ Р 27.012-2019;

- список соответствующих ссылочных документов, критериев, стандартов, норм;

- административные меры, график заседаний, включающий даты, время и место проведения;

- требования к соответствующему помещению, визуальным и регистрирующим вспомогательным средствам для обеспечения результативного проведения заседаний, например:

- мультимедийный проектор с экраном (или телевизионная LCD-панель с кабелем для подключения ноутбука);

- доска для записей и эскизов;

- устройства (штанги) для размещения плакатов, схем и других наглядных материалов (по их количеству и при необходимости) и др.

Пакет документов для обсуждения, состоящий из плана исследований и необходимых ссылочных документов, должен быть разослан членам группы исследования перед первым заседанием.

Процедура HAZOP должна быть разделена на несколько совещаний, посвящённых различным узлам и подсистемам исследуемого объекта. При этом запрещается проводить несколько заседаний HAZOP одновременно.

Так как успех исследования в большой степени зависит от внимательности членов группы, необходимо ограничить продолжительность заседаний семью часами в день и предусматривать перерывы в течение заседаний. За выполнение этих требований должен отвечать руководитель исследований.

При проведении HAZOP для регистрации всех отклонений и рекомендаций должно использоваться специализированное программное обеспечение или файлы электронных таблиц, специально разработанные для этой цели.

На основе анализа проектных решений, а также с учетом результатов HAZOP-анализа должна выполняться количественная оценка риска с применением методов, приведенных в следующих стандартах:

ГОСТ Р 51901.5-2005 (МЭК 60300-3-1:2003) «Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности»;

ГОСТ Р МЭК 61508-2012 «Функциональная безопасность электрических, электронных, программируемых электронных систем связанных с безопасностью». Часть 5. Рекомендации по применению методов определения уровней полноты безопасности;

ГОСТ Р МЭК 61508-2012 «Функциональная безопасность электрических, электронных, программируемых электронных систем связанных с безопасностью». Часть 6. Руководство по применению ГОСТ Р МЭК 61508-2 и ГОСТ Р МЭК 61508-3;

ГОСТ Р 27.302-2009 «Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей» и методы анализа «дерева событий».

ГОСТ Р МЭК 62502-2014. «Менеджмент риска. Анализ дерева событий».



При сопоставлении рисков, которые могут возникнуть при эксплуатации рассматриваемого объекта без систем безопасности, с уровнями приемлемых рисков должны определяться величины необходимого снижения риска эксплуатации объекта, обеспечиваемого за счет использования средств, выполняющих функции безопасности.

Уровни тяжести последствий, категории вероятности опасных отклонений и уровни приемлемого риска (риск для персонала, окружающей среды и материальных потерь рассматриваемого объекта) определяются согласно Матрице оценки риска, согласованной Заказчиком.

## **8. Результаты работ**

В процессе исследования методом HAZOP должны быть оформлены рабочие таблицы для каждого узла технологической системы. Таблицы должны отражать результаты работы по выявлению всех отклонений от проектного режима работы установки, возможных последствий отклонения, меры защиты и рекомендации по принятию технических или организационных решения.

Пример формы рабочей таблицы исследования HAZOP приведен в Приложении.

Исследование HAZOP считается выполненным, если все запланированные узлы и документация проекта исследованы, и все рабочие таблицы заполнены и откорректированы.

Все технологические схемы с КИПиА (P&ID) с нанесенными узлами, являются обязательным приложением отчета исследования HAZOP.

Председатель HAZOP должен подготовить проект отчета не позднее 14 дней после проведения анализа HAZOP по полученным данным, включая все рабочие листы и чертежи в виде отдельных приложений.

Отчет анализа HAZOP должен состоять из следующих основных разделов:

- общая часть;
- история предыдущих обзоров по безопасности HAZOP (при наличии);
- методология;
- время, место, присутствующие;
- описание установки/объекта и технологических процессов;
- объем и границы анализа HAZOP;
- ключевые моменты исследования HAZOP;
- документы анализа HAZOP;
- перечень приложений;
- перечень обязательных документов и информации к отчету.

Отчет анализа HAZOP должен быть согласован Заказчиком в течение 7 дней.

На основании отчета HAZOP, руководство эксплуатирующей организации определяет перечень мероприятий направленных на выполнение рекомендаций, сроки их выполнения и осуществляет мониторинг выполнения.

## **9. Индивидуальные задания**

Практическое задание выполняется подгруппой состоящей из 3-4 студентов. Каждой подгруппе выдается оригинальная технологическая схема части реальной установки.

В процессе выполнения задания студенты проводят исследование HAZOP для технологической установки и оформляют отчет в соответствии с настоящими Методическими указаниями.

Технологические схемы приведены в приложении 3.

Перечень документации, предоставляемой «Заказчиком»

1. Генеральный план установки.
2. Технологические схемы установки.
3. Действующий технологический регламент установки.
4. Рабочая и эксплуатационная документация на АСУТП, в том числе:
  - схемы принципиальные и чертежи общего вида шкафов АСУТП;
  - схемы соединений и подключений внешних проводок;
  - таблицы входных и выходных сигналов ввода/вывода;
  - спецификация средств автоматизации;
  - логические схемы блокировок;
  - руководство по эксплуатации.
5. Документированное прикладное программное обеспечение контроллеров АСУ ТП.

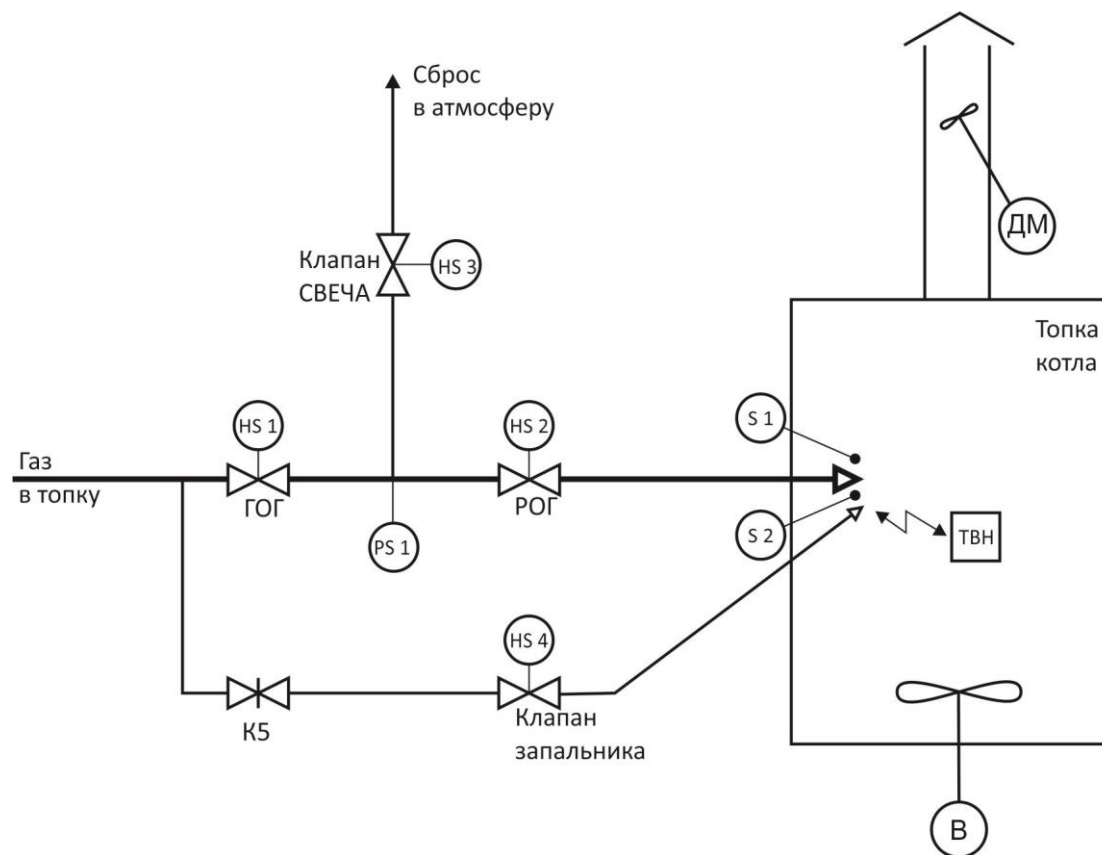
## Фрагмент рабочей таблицы исследования HAZOP

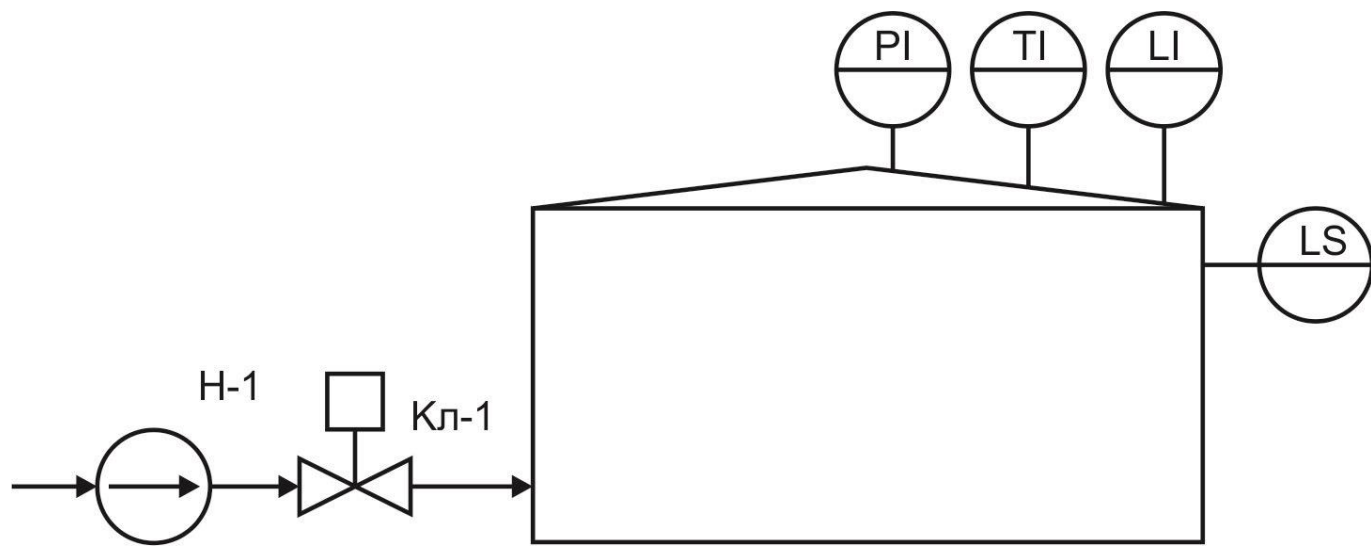
(Приказ Ростехнадзора №144 от 11.04.2016 г.)

№ п/п	Ключевое слово	Причина	Последствия	Меры защиты	Рекомендации	Ответственный	Критичность
1.	ПОТОК УВЕЛИЧЕНИЕ	Увеличение потока при аварийной разгерметизации трубопровода от резервуара(ов) до насосной	Безопасность: авария. Окружающая среда: загрязнение. Эксплуатация: простой, потери	Предусмотрена остановка насосов по загазованности в насосной. По периметру каре установлены датчики загазованности.	Регламентом, ПЛА, рабочими инструкциями определить действия обслуживающего персонала.	Проектный институт, эксплуатирующая организация	НИЗКАЯ
2.	ПОТОК НЕТ	Отсутствие потока азота при закрытой арматуре (б/н) рядом с обратным клапаном	Безопасность: авария. Окружающая среда: загрязнение. Эксплуатация: потери продукции	Уравнительная линия	Предусмотреть пломбирование в открытом состоянии арматуры (б/н) на линии подачи азота рядом с обратным клапаном	Проектный институт	СРЕДНЯЯ
3.	ПОТОК НЕТ	Отсутствие потока при замерзании клапана регулятора.	Безопасность: авария. Окружающая среда: загрязнение. Эксплуатация: потери продукции	Установлен ППК с давлением срабатывания 1,7 МПа. Мер недостаточно	Предусмотреть обогрев клапана регулятора . линии	Проектный институт	СРЕДНЯЯ
4.	ДАВЛЕНИЕ УВЕЛИЧЕНИЕ	При увеличении давления в емкости система ПАЗ срабатывает раньше	Безопасность: нет. Окружающая среда: нет. Эксплуатация: простой.	Нет	Определиться с критичностью давления при эксплуатации парка.	Проектный институт	СРЕДНЯЯ

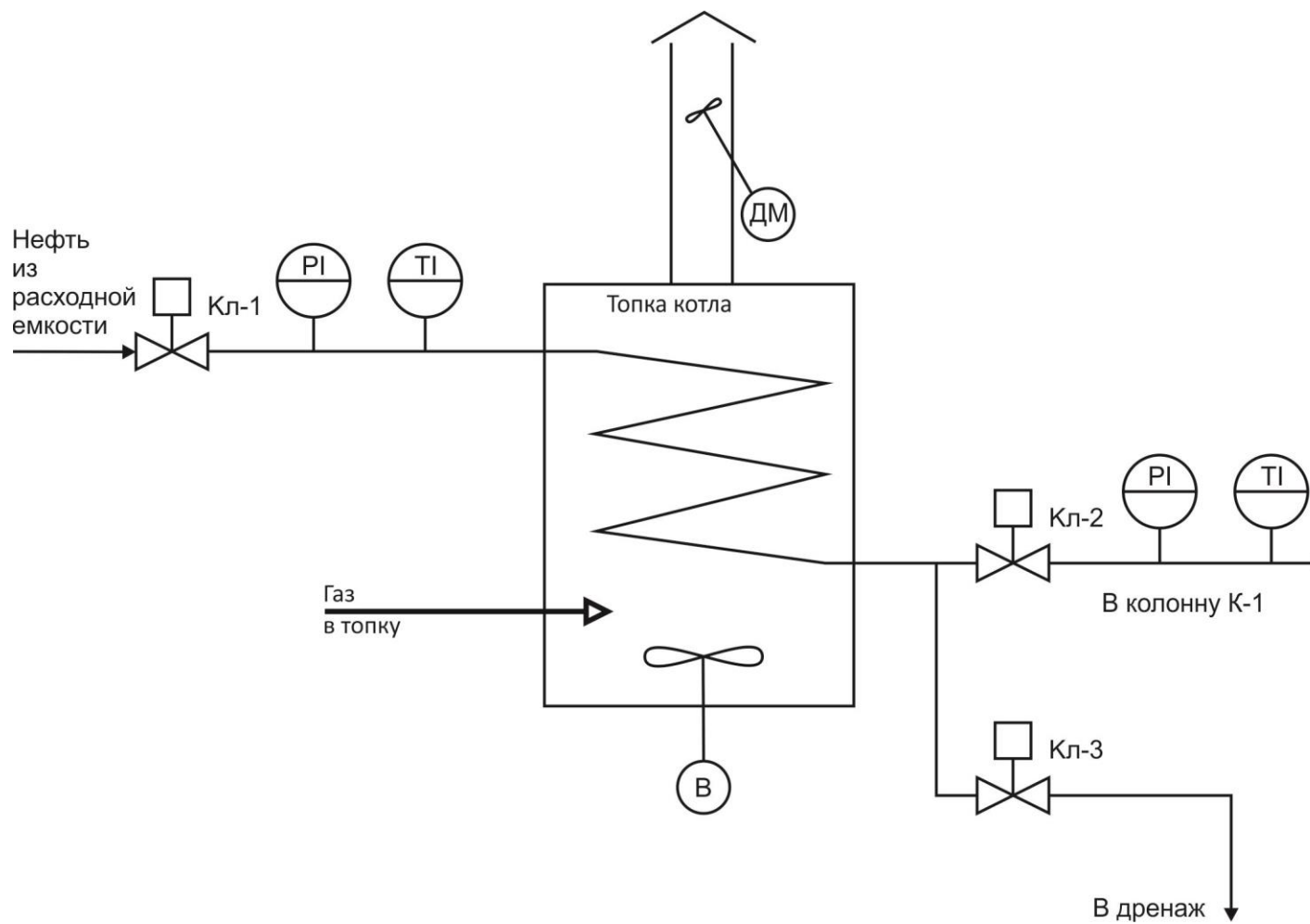
Заголовок: Испаритель нефти									
Рисунок №:			Пересмотр №:				Дата:		
Состав группы: Иванов, Петров, Боширов						Дата заседания:			
Рассматриваемая часть: Змеевик испарителя от подачи нефти в испаритель до выхода парогазовой смеси из испарителя					Цель проекта Входы: поток нефти, нагретый печью Действия: нагрев и подача нефтегазовой смеси на установку				
№	Управляющее слово	Элемент	Отклонение	Возможные причины отклонения	Последствия	Существующие меры безопасности	Примечание	Требуемые действия	ФИО ответственного
1	НЕТ	Поток нефти	Нет потока нефти	Нет подачи нефти. Клапан управления потоком FCV закрыт	Змеевик испарителя перегреется и может прогореть	Сигнал низкого расхода FAL. Сигнал высокой температуры TSH	Безопасность зависит от реакции оператора	Рассмотреть возможность использования сигнала FAL для закрытия TCV	Иванов
				Закупоривание змеевика	Закипание нефти в змеевике, закоксовывание змеевика	Сигнал низкого расхода FAL. Сигнал высокой температуры TSH	-	Проверить, являются ли меры безопасности адекватными и легко ли очистить змеевик	Петров

Технологическая схема – газовый тракт котельной установки

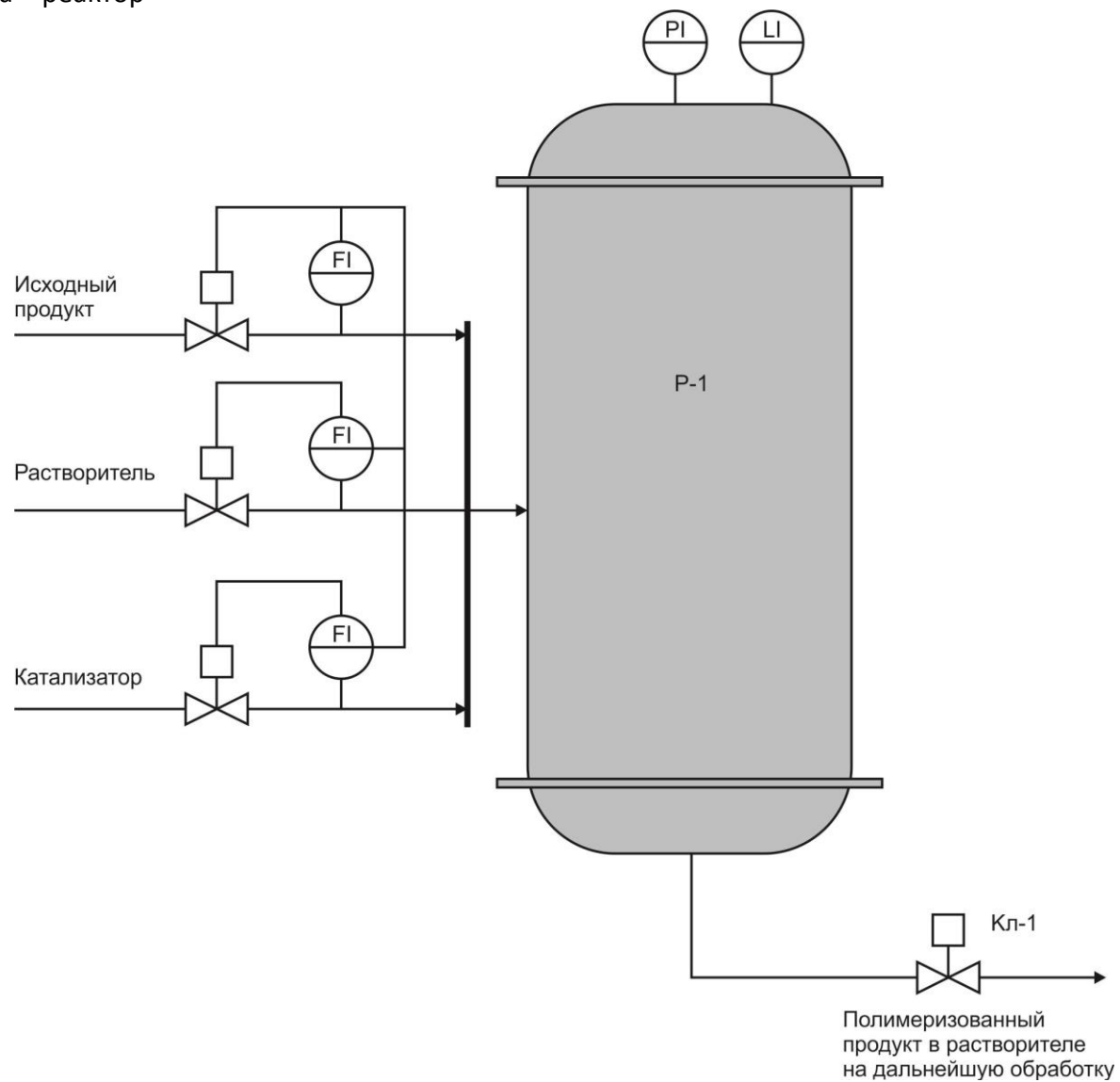




Технологическая схема – печь нагрева нефти







Технологическая схема – ректификационная колонна

