

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии и
Техногенной безопасности

**Повышение надежности системы ПАЗ блока гидроочистки установки
изомеризации пентан-гексановой фракции**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студента(ки) 2 курса 252 группы
направления (специальности) 18.04.01 «Химическая технология»
код и наименование направления (специальности)
Института химии
наименование факультета, института, колледжа
Ерошкиной Юлии Андреевны
фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

доцент, к.воен.н., доцент
должность, уч. степень, уч. звание

дата, подпись

М.И.Иванюков
инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор
должность, уч. степень, уч. звание

дата, подпись

Р.И.Кузьмина
инициалы, фамилия

Саратов 2018

ВВЕДЕНИЕ

Промышленная безопасность опасных производственных объектов (ПБ) – состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий [1]. Это определение дано в Федеральном законе «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»[2] и находится в полном соответствии с Концепцией национальной безопасности Российской Федерации [3], в которой сказано, что важнейшими составляющими национальных интересов России являются защита личности, общества и государства от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и их последствий.

Основными причинами техногенных аварий и катастроф на НПЗ являются износ технологического оборудования и трубопроводных систем, не своевременная диагностика их технического состояния, не исправность средств автоматизации, блокировок и сигнализаций, а также ошибочное или неправильное принятие решений обслуживающим персоналом в критических ситуациях, обусловленных отказами оборудования и систем противоаварийной защиты.

В настоящее время из всех известных методов и способов обеспечения технологической и экологической безопасности наиболее реальным является дальнейшая эксплуатация особо сложных и потенциально опасных объектов НПЗ на основе разработки и внедрения научно-обоснованных принципов обеспечения безопасности с использованием современных систем противоаварийной защиты.

Поэтому обеспечение безопасности с использованием систем противоаварийной защиты (ПАЗ), и учитывающих специфические особенности эксплуатации особо сложных объектов НПЗ, включая

возможность возникновения выбросов взрывопожароопасных и токсичных веществ, а также действия лиц, принимающих оперативное решение при критических аварийных ситуациях, является актуальной задачей.

Анализ концепции обеспечения безопасности промышленных объектов с учетом риска возникновения техногенных аварий и катастроф, специфических особенностей потенциально опасных объектов нефтепереработки и основных причин аварий, а также функциональных особенностей систем противоаварийной защиты позволил сформулировать цель работы и новизну исследований.

Цель работы заключается в следующем:

На основе изучения физико-химической сущности факторов и явлений, приводящих к возникновению аварийных ситуаций на особо сложных объектах НПЗ, разработать принципы обеспечения безопасности технологических установок с использованием систем противоаварийной защиты, содержащих экспертные системы, на примере установки Изомеризации пентан – гексановой фракции.

Новизна работы состоит в:

1. Выявлении специфических особенностей технологического процесса блока гидроочистки установки изомеризации пентан – гексановой фракции;
2. Анализе структуры и функциональных особенностей систем ПАЗ, используемых в настоящее время на технологических установках НПЗ;
3. Оценки потенциальной опасности технологической установки по энергетическим показателям;
4. Разработке принципов создания структуры систем ПАЗ для технологической установки.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрена актуальность обеспечения безопасности особо сложных объектов НПЗ с использованием систем противоаварийной защиты (ПАЗ), и учитывающих специфические особенности эксплуатации технологических установок, включая возможность возникновения выбросов взрывопожароопасных и токсичных веществ, а также сформулированы цель и новизна работы.

В первой главе рассматривается современное состояние обеспечения безопасности эксплуатации технологических объектов нефтепереработки, с учетом риска возникновения техногенных аварий и катастроф, специфических особенностей потенциально опасных объектов нефтепереработки и основных причин аварий, а также функциональных особенностей систем ПАЗ.

Вторая глава посвящена разработке принципов формирования структуры системы ПАЗ для технологической установки. На основе оценки уровня потенциальной опасности установок предложена структура системы ПАЗ, направленная на достижение требуемого уровня безопасности.

В третьей главе рассматривается характеристика установки изомеризации пентан - гексановой фракции, а также проводится анализ возможных аварийных ситуаций.

В четвертой главе приведена характеристика блока гидроочистки установки изомеризации и разработаны сценарии возможных аварийных ситуаций на установке.

Пятая глава посвящена оценке возможных аварий в блоке гидроочистки, которая включает в себя расчеты энергетических показателей и радиусы возможных разрушений.

Основные положения работы сформулированы в основных выводах.

1 Современное состояние обеспечения безопасности эксплуатации технологических объектов нефтепереработки

К настоящему времени в Российской Федерации насчитывается около 100 тыс. потенциально опасных производств и объектов. Из них около 3000 особо сложных химических объектов обладают повышенной опасностью, а также размещаются десятки тысяч километров магистральных газонефтепродуктопроводов, транспортируются и хранятся сотни тысяч тонн взрывопожароопасных продуктов и отравляющих веществ [4]. Средний период чрезвычайных ситуаций составляет: 10-15 лет для Аварий и катастроф с ущербом более 100 млрд. руб.; 8-12 месяцев - с ущербом до 10 млрд. руб.; 15-45 дней - с ущербом до 400 млн. руб. (см. таб. 1.1). Ежегодно в России аварии и катастрофы уносят более 55 тыс. человеческих жизней, наносят увечья более 250 тыс. человек. Потери от природных и техногенных аварий и катастроф с каждым годом возрастают на 10-30%, причем коэффициент нарастания техногенных аварий и катастроф, на пример за 2011-2015 резко увеличился до 6,0, а природных - до 1,4 [4]. Это наглядно представлено на рис. 1.1.

Таблица 1.1 - Средний период чрезвычайных ситуаций

Средний период аварий и катастроф	Ущерб, млрд. руб.
10 - 15 лет	100
8-12 месяцев	10
15-45 дней	0,4

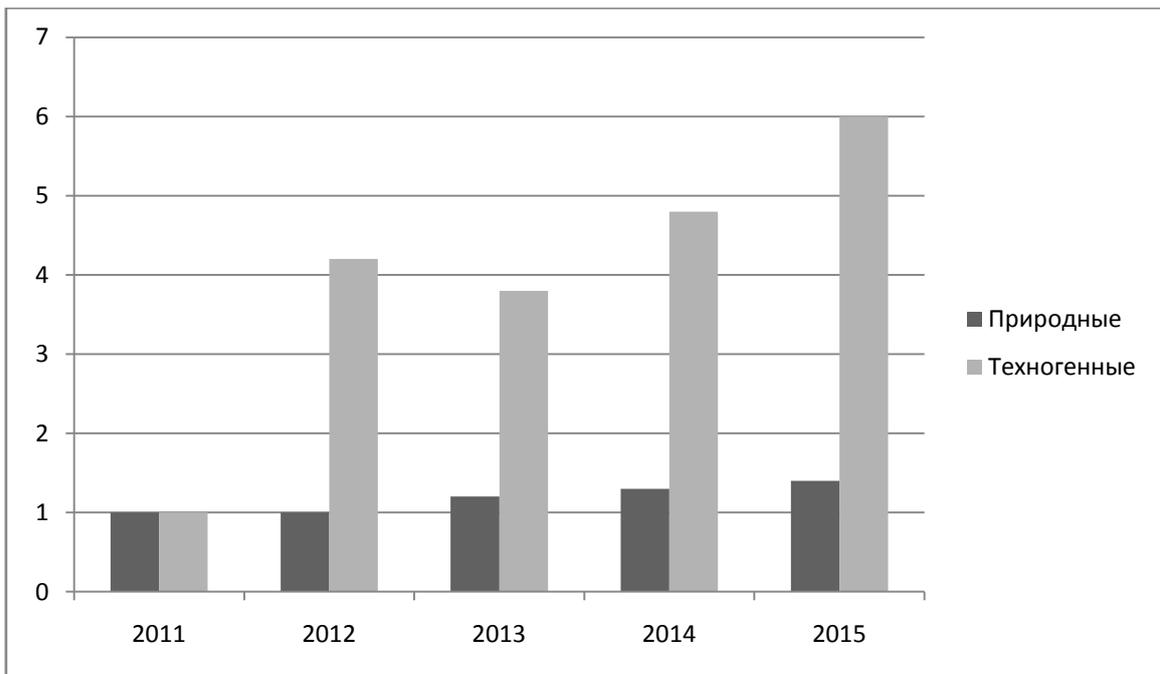


Рисунок 1.1- Коэффициент нарастания техногенных аварий и катастроф за 2011 - 2015 г.

Показано [4], что в ближайшие годы при ежегодном приросте тяжести аварий и катастроф на 10-15 % и одновременном снижении объемов производственной деятельности в материальной сфере экономика страны будет не в состоянии восполнять потери от природно-техногенных аварий и катастроф. Если учесть, что выработка проектного ресурса в настоящее время в РФ достигла 50-80 %, а ряд важнейших объектов энергетики, нефтегазохимического комплекса, транспорта и строительного комплекса работает за пределами проектного ресурса, риск возникновения техногенных аварий и катастроф возрастает.

2 Структура систем ПАЗ для технологических установок НПЗ

Характерной особенностью при разработке систем ПАЗ является принятие достаточно большого количества допущений. Это связано со специфическими особенностями контролируемых объектов и использованием большого разнообразия технических средств. Ниже

приведены допущения, принимаемые при разработке структуры системы ПАЗ [5,6]:

- система ПАЗ принимается как защитная система, работающая по требованию (т.е. только при возникновении аварийной ситуации);
- система ПАЗ рассматривается как система нормально находящаяся под напряжением (т.е. при отсутствии напряжения система ПАЗ переведет установку в безопасное состояние);
- только случайные ошибки в оборудовании применяются для численного анализа при определении конфигурации системы ПАЗ. Систематические ошибки принимаются во внимание при выборе оборудования и программного обеспечения;
- для двоированных и троированных датчиков, программируемых устройств или конечных элементов, принимается, что элементы в каждом канале имеют одинаковую интенсивность отказов и степень диагностики;

Обеспечение безопасности при эксплуатации потенциально опасных объектов нефтепереработки и нефтехимии зависит от правильного выбора структуры или архитектуры ПЛК для реализации систем ПАЗ.

Здесь важно отметить, что для каждого конкретного объекта должна быть система ПАЗ с конкретной архитектурой ПЛК, а также кроме наличия сведений об уровне потенциальной опасности объекта и требуемого уровня безопасности, связанного с вероятностью отказа системы ПАЗ, должны быть данные о вероятности возникновения аварийных ситуаций.

Как было отмечено, что на сегодняшний день известны следующие типы ПЛК для реализации систем ПАЗ [7]:

1. Одинарный ПЛК с одинарным каналом ввода-вывода и внешним блоком диагностики;
2. Двоированный ПЛК с двоированным каналом ввода-вывода, без связи между процессорами, с выборкой 1 из 2 на выходе;
3. Двоированный ПЛК с двоированным каналом входа-выхода, со связью между процессорами;

4. Двоированный ПЛК с двоированным каналом ввода-вывода, с внешними блоками диагностики, без связи между процессорами с выборкой 2 из 2;
5. Двоированный ПЛК с двоированным каналом ввода-вывода с внешними блоками диагностики и связью между процессорами, с выборкой 2 из 2;
6. Двоированный ПЛК с двоированным каналом ввода-вывода, с межпроцессорной связью, с внешними блоками диагностики, с логической выборкой 1 из 2;
7. Троированный ПЛК с троированным каналом ввода-вывода, с межпроцессорной связью с логической выборкой 2 из 3.

3 Характеристика установки изомеризации и анализ возможных аварийных ситуаций

Разработка системы ПАЗ состоит из нескольких этапов. На первом этапе проводится анализ аппаратурного оформления технологического процесса и физико-химических свойств обращающихся веществ на установке изомеризации. Для максимального уменьшения объема выброшенного опасного продукта следует осуществлять перекрытие всех подводящих и отводящих трубопроводов аварийного блока с помощью быстродействующих отсекаелей, что в свою очередь снизит уровни и масштабы последствий от возможных аварийных ситуаций. Но, как правило, многие установки нефтепереработки не оборудованы быстродействующими отсекаелями и перекрытие трубопроводов осуществляется с помощью задвижек, что производится преимущественно вручную.

Второй этап предполагает выявление критически: параметров и их значений, при достижении которых может возникнуть аварийная ситуация. Установка изомеризации, поскольку процесс является

взрывопожароопасным, должна оснащаться средствами контроля, регулирования и защиты, обеспечивающими поддержание параметров технологического режима в заданных пределах. При этом необходимо исключить возможность превышения давления в системе, что можно обеспечить путем установления автоматических блокировок, отключающих насосы, которые подводят теплоноситель.

В любой аварийной ситуации обслуживающий персонал должен как можно точнее следовать процедуре нормальной остановки установки.

Причинами аварийных ситуаций являются нарушения снабжения установки изомеризации легких бензиновых фракций сырьем, электроэнергией, воздухом КИП, водяным паром, охлаждающей водой, топливом, нарушение герметичности аппаратов и трубопроводов, которые могут сопровождаться выбросом продуктов, обращающихся на установке, пожаром, загазованностью, взрывом или иными явлениями, опасными для обслуживающего персонала и эксплуатации установки [8].

4 Характеристика блока гидроочистки установки изомеризации

На основе анализа технологического процесса [9] блока гидроочистки, были выявлены опасные места:

1. Пожар в топке сырьевой печи П-101 при прогаре змеевика сырьевой печи с выбросом около 100 кг газосырьевой смеси.
2. Вспышечный пожар на наружной установке при разгерметизации реактора гидроочистки Р-101 с участием 4700 кг опасного вещества.
3. Пожар разлива на наружной установке при разгерметизации сепаратора С-101.
4. Взрыва 30 кг газовоздушной смеси в помещении компрессорной при разгерметизации циркуляционного компрессора ПК-101А/В.
5. Взрыв облака 10600 кг парогазовоздушной смеси на наружной установке при разгерметизации сепаратора С-101.

Опасные места блока гидроочистки представлены на рисунке 4.1.

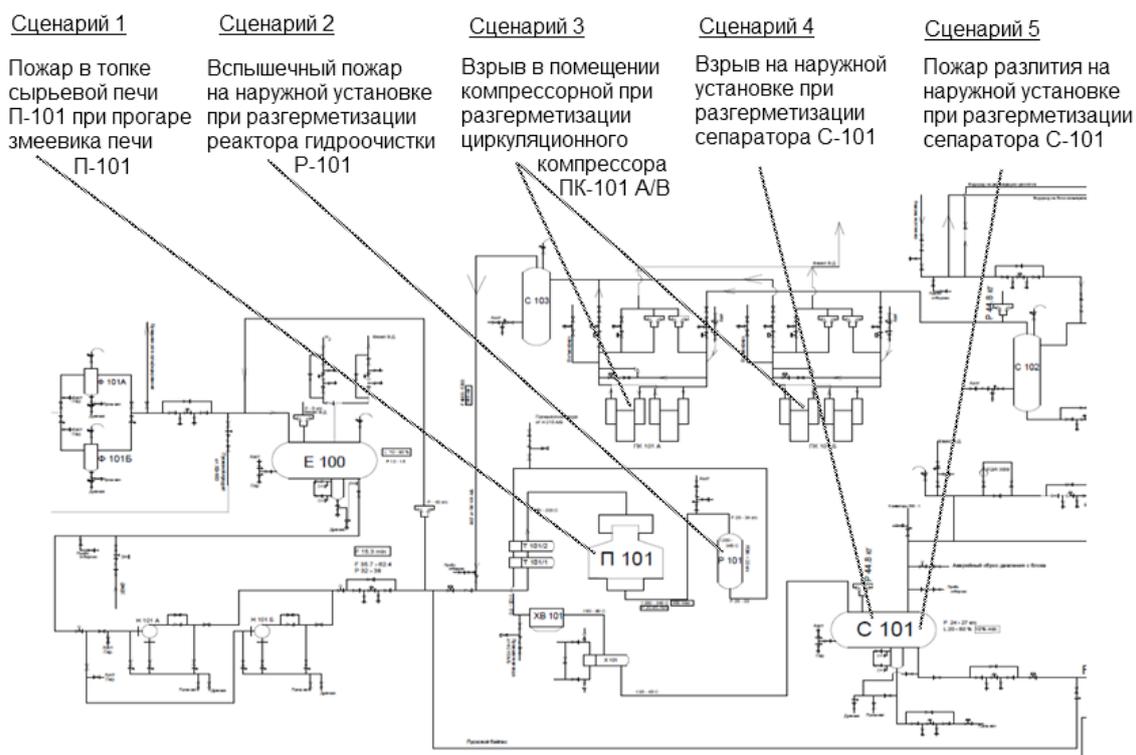


Рисунок 4.1 - Опасные места блока гидроочистки

5 Оценка возможных аварий в блоке гидроочистки

Относительный энергетический потенциал определялся по формуле:

$$Q = \frac{1}{16,534} \cdot \sqrt[3]{E} \quad (1)$$

где E - общий энергетический потенциал взрывоопасности технологического объекта, которая характеризуется суммой энергий адиабатического расширения парогазовой фазы, полного сгорания имеющихся и образующихся из жидкости паров за счет внутренней и внешней энергии при аварийном раскрытии системы (кДж).

Общая масса горючих паров (газов) взрывоопасного парогазового облака, приведенная к единой удельной энергии сгорания:

$$m = \frac{E}{4,6 \cdot 10^4} \quad (2)$$

С учетом численных значений имеем:

$$Q = \frac{1}{16,534} \cdot \sqrt[3]{4,37 \cdot 10^8} = 45,91$$

$$m = \frac{4,37 \cdot 10^8}{4,6 \cdot 10^4} = 9500 \text{ кг}$$

В соответствии с требованиями действующих НТД, а именно по ОПВ [10], все технологические установки разделяются на три категории по величине Q_B : I - от 37 и более, II-27-37, III - 27 и менее.

Результаты расчетов позволяют сделать вывод о том, что установка относится к I категории опасности, и радиусы возможных разрушения превышают 100 и более метров, что выходит за границы территории установки и может привести к возникновению аварийной ситуации на соседних объектах.

Для оценки степени опасности возможных аварий использовались методики расчета тепловых воздействий и взрыва. Для расчета тепловых воздействий при пожарах взята методика приведенная в ГОСТе [11].

Интенсивности теплового излучения пожара определяется по следующей зависимости:

$$q = E_f \cdot F_g \cdot \tau, \quad (3)$$

где E_f - среднеповерхностная интенсивность теплового излучения

пламени, (кВт/м²) ;

F_g - угловой коэффициент облученности;

τ - коэффициент пропускания атмосферы.

Среднеповерхностная интенсивность определяется по формуле:

$$E_f = 140 \cdot e^{-,12d} + 20 \cdot (1 - e^{-0,12d}) , \quad (4)$$

где d – эффективный диаметр пролива, м;

e – основание натурального логорифма, равное 2,7.

Угловой коэффициент облученности вычисляется по формуле:

$$E_g = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} , \quad (5)$$

где F_V^2 , F_H^2 – факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок, соответственно, определяемые по зависимостям:

$$F_V = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ -E \cdot \operatorname{arctg} D + E \cdot \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot b \cdot (1+a \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \operatorname{arctg} \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) + \frac{\cos \theta}{C} \times \right. \\ \left. \times \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \operatorname{arctg} \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] \right\} \quad (6)$$

$$F_H = \frac{1}{\pi} \cdot \left\{ \arctg \left(\frac{1}{D} \right) + \frac{\sin \theta}{C} \left[\arctg \left(\frac{a \cdot b - F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) + \arctg \left(\frac{F^2 \cdot \sin \theta}{F \cdot C} \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\frac{a^2 + (b+1)^2 - 2 \cdot (b+1 + a \cdot b \cdot \sin \theta)}{A \cdot B} \right] \cdot \arctg \left(\frac{A \cdot D}{B} \right) \right\} \quad (7)$$

Определяем исходные данные для расчета тепловой нагрузки:

Площадь разлива находим по формуле:

$$S = Q \cdot K, \text{ м}^2 \quad (8)$$

где K – эмпирический коэффициент равный 150;

$$Q = \rho \cdot m, \text{ м}^3 \quad (9)$$

где ρ – плотность газосырьевой смеси равная $670 \text{ кг/м}^3 = 0,67 \text{ т/м}^3$

Эффективный диаметр пролива определяем по формуле:

$$X = \sqrt{\frac{S}{\pi}} \quad (10)$$

Расчеты проводились на основе разработанной методики табличного редактора Excel.

ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ возможных аварий на технологическом оборудовании блока гидроочистки установки изомеризации пентан-гексановой фракции.

2. Разработаны сценарии возможных аварийных ситуаций и показана последовательность их развития, приводящая к результирующему катастрофическому событию.

3. Проведен анализ структуры и функциональных особенностей современных систем ПАЗ. Показано, что наибольшей надежностью обладают системы ПАЗ с двоированной и троированной ПЛК.

4. Для оценки опасности типовых установок НПЗ определены энергетические показатели и радиусы возможных разрушений. Показано, что блок гидроочистки установки изомеризации относится к I категории взрывоопасности ($Q_B=45,91$).

5. Исходя из оценки уровня потенциальной опасности установок, предложен и обоснован выбор структуры системы ПАЗ в зависимости от энергетического потенциала объекта. Выявлено, что для обеспечения безопасности технологических установок НПЗ наиболее перспективный решением при создании системы ПАЗ является применение троированной ПЛК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов (РД 03-418-01), утвержденные Постановлением Госгортехнадзора России от 10.07.2001 № 30.
2. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 №116-ФЗ, с изменениями на 09.05.2005.
3. Положение о Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору, утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 30.07.2004 № 401.
4. Махутов Н.А. и др. Концепция второго этапа работы по ГНТП "Безопасность"//ВИНИТИ. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях.- 1996.-Вып. 1 .-с.4-21.
5. Стандарт ФРГ DIN V VDE 0801. Принципы построения ПЛС систем противоаварийной защиты. Германия, Берлин, 1990.
6. Стандарт ФРГ DIN V 19250. Принципы построения систем противоаварийной защиты. Берлин, январь 1991.
7. Коптев Н.П., Ибрагимов И.Г. Архитектура программируемых логических систем для противоаварийной защиты потенциально опасных объектов. \ \ Промышленные АСУ и контроллеры, № 2, 1999, с.9-12.
8. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оцека и предупреждение." М.: Химия, 1991.- 431 с.
9. Смирнов В. Н. Технологический регламент установки Изомеризации пентан – гексановой фракции, ЗАО «Нефтехимпроект»: индекс регламента ТР – 05766646-05-2012, 2012. – 485с.
10. Бесчастнов М.В., Соколов В.М. Предупреждение аварий в химических производствах. -М.: Химия, 1979. -390 с.
11. ГОСТ 12.03.047 – 2012 Пожарная безопасность технологических процессов.