

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

МАШИНОСТРОЕНИЯ
(институт)

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»
20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Системы управления производственной, промышленной и экологической
безопасностью

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему **Технические приемы повышения эксплуатационной безопасности
производства изобутан-изобутиленовой фракции на примере модернизации
технологической установки БК-2 АО «Тольяттисинтез»**

Студент(ка)	<u>А.В. Орлова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Научный руководитель	<u>Т. Ю. Фрезе</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>Т.А. Варенцова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Руководитель программы д.п.н., профессор Л.Н.Горина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)
« ___ » _____ 20 ___ г.

Допустить к защите
Заведующий кафедрой д.п.н., профессор Л.Н.Горина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)
« ___ » _____ 20 ___ г.

Тольятти 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	3
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Теоретические основы обеспечения безопасности на химических предприятиях.....	9
1.1 Анализ нормативных документов.....	9
1.2 Результаты патентного поиска.....	22
2 Анализ производственных рисков на установке БК-2 производства изобутан-изобутиленовой фракции.....	50
2.1 Общая характеристика производства.....	50
2.2 Основные опасности производства.....	70
3 Мероприятия повышения безопасности на установке БК-2 производства изобутан-изобутиленовой фракции.....	92
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	111
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	112

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей магистерской диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Сепаратор - аппарат, предназначенный для отделения капель жидкого изобутана от паров;

Испаритель - аппарат, предназначенный для испарения изобутановой фракции;

Реактор - аппарат для проведения реакции дегидрирования изобутана в изобутилен;

Трубчатая печь - печь для перегрева паров изобутана;

Котел-утилизатор – устройство, предназначенное для утилизации тепла дымового газа;

Скруббер - устройство, используемое для охлаждения контактного газа и отмывки его от катализаторной пыли;

Отстойник - накопительная емкость для отстоя воды от катализаторного шлама;

Регенератор - аппарат, предназначенный для регенерации катализатора;

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

БК-2 – установка на АО «Тольяттисинтез» по получению изобутан-изобутиленовой фракции

Пч-4/І,ІІ – обозначение трубчатых печей для перегрева паров изобутана

КИПиА – контрольно – измерительные приборы и аппаратура

ССБТ – система стандартов безопасности труда

ГОСТ – государственный стандарт

ББФ – бутан – бутиленовая фракция

ПДК – предельно допустимая концентрация

АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом

ПАЗ – противоаварийная автоматическая защита

ОПО – опасный производственный объект

ВОТ – высокотемпературный органический теплоноситель

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Основные опасности в производственном процессе цеха БК-2, обусловлены характерными свойствами сырья, полуфабрикатов, готовой продукции, отходов производства, особенностями технологического процесса или выполнением отдельных производственных операций, особенностями используемого оборудования и условиями его эксплуатации, нарушениями правил безопасности работающими [1].

По характеристике сырья, полуфабрикатов и продуктов разложения относятся цех относится к взрывоопасным вредным производствам. Вредность производства определяется применением и получением веществ наркотического и раздражающего действия на организм человека, которые вызывают изменения со стороны сосудистой и центральной нервной системы.

Наличие вредных веществ, относящихся к легковоспламеняющимся жидкостям с низкой температурой вспышки и высокой упругостью паров обуславливает их повышенную взрывную и пожарную опасность.

Особенностями технологического процесса дегидрирования изобутана и выделения изобутан-изобутиленовой фракции являются: ведение процесса дегидрирования изобутана при высокой температуре в псевдооживленном слое циркулирующего катализатора, наличие в больших количествах взрывоопасных, вредных и пожароопасных продуктов, наличие аппаратов, работающих при высоких давлениях, наличие большого количества торцевых и сальниковых уплотнений, наличие большого количества вращающихся частей (насосы, компрессоры) [2].

В числе наиболее опасных факторов процесса, требующих противоаварийной защиты печей, является возможность выхода из строя змеевиков от перегрева в случаях прекращения расхода сырья или нарушения их герметичности с воспламенением сырья в топочном пространстве.

В связи с этим актуальным является вопрос усовершенствования методов безопасности на установке БК-2 производства изобутан-изобутиленовой фракции.

Цель и задачи:

Целью исследования являются следующие задачи:

Предложить усовершенствованный способ повышения безопасности технологического процесса, реализуемого на установке БК-2 производства изобутан - изобутиленовой фракции (на примере процесса производства АО «Тольяттисинтез»).

Выполнить аналитический информационный обзор использования технологического обеспечения безопасности производства изобутан-изобутиленовой фракции.

Систематизировать известные прогрессивные технологии и технические средства обеспечения безопасности эксплуатации технических установок.

Предложить усовершенствованный метод повышения безопасности, базирующийся на применении технических устройств на установке БК-2 изобутан-изобутиленовой фракции.

Объект исследования

Технологический процесс и технические устройства производства на установке БК-2, а также технические средства обеспечивающие безопасность технологического процесса.

Теоретическая и методологическая база исследования

Результаты диссертационного исследования базируются на проведенном информационно аналитическом обзоре технических устройств, способов а также на действующих нормативно правовых актов.

Научная новизна исследования

Предложены усовершенствованные методы повышения безопасности на установке БК-2 с использованием модернизированных технических устройств.

В качестве усовершенствованного метода повышения безопасности на установке БК-2 производства изобутан - изобутиленовой фракции предлагается

выполнение мероприятий, направленных на оснащение установки БК-2 дополнительными системами противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ), предусмотренными действующими Федеральными нормами Правил в области промышленной безопасности.

Практическая значимость диссертации заключается в том, что на основе данного метода повышена безопасность на производстве изобутан-изобутиленовой фракции БК-2.

Обеспечено устранение выявленных опасных факторов процесса, требующих противоаварийную защиту печей, базирующихся на исключении возможности выходов из строя змеевиков от перегрева в случаях прекращения расхода сырья или нарушения герметичности змеевиков с последующим аварийным воспламенением сырья в топочном пространстве.

Реализованы практические мероприятия по дооснащению технологических печей установки техническими средствами противоаварийной защиты (ПАЗ), предусмотренными действующими Федеральными нормами правил в области промышленной безопасности.

Рассмотрена возможность совместной работы двух блоков дегидрирования изобутана по параллельной технологической схеме.

Разработан алгоритм технологического процесса срабатывания противоаварийной автоматической защиты печей П-4/1,2 отдельно в составе двух блоков и алгоритм защиты печей в составе одного блока.

Произведен расчет энергетического потенциала технологического блока испарения и блока перегрева изобутана.

Положения, выносимые на защиту

Выводы изучения научно-технических исследований по методам повышения безопасности при ведении технологического процесса, нормативно-правовые документы Российской Федерации в области промышленной безопасности.

Результаты патентного поиска и разработка методов повышения безопасности на предприятии АО «Тольяттисинтез».

Результаты модернизации технологической установки путем внедрения технических приемов повышения эксплуатационной безопасности производства изобутан - изобутиленовой фракции (на примере АО «Тольятисинтез»).

Степень достоверности и апробация результатов

Работа выполнена в соответствии с рекомендациями начальника цеха установки БК-2 и внедрена в производство. Возможны дальнейшие усовершенствования в процессе работы по согласованию с начальником цеха БК-2.

Структура работы

Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения и списка использованной литературы. Основная часть исследования изложена на 116 страницах, текст иллюстрирован 9 таблицами, 3 рисунками.

В первой главе описываются теоретические основы обеспечения безопасности на установке. Во второй главе анализируются производственные риски на установке. В третьей главе описываются мероприятия повышения безопасности на установке БК-2. В заключении изложены выводы и результаты исследования.

1 Теоретические основы обеспечения безопасности на химических предприятиях

1.1 Анализ нормативных документов

При анализе требований нормативных документов на производстве изобутан-изобутиленовой фракции были рассмотрены положения следующих нормативных актов. Результат анализа представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень нормативных правовых документов

Номер	Наименование
1	2
ФНиП	Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических, нефтеперерабатывающих производств»
ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ	Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
ГОСТ 12.0.004-2015	Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения
ГОСТ 12.3.002-2014	Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности
ГОСТ 32569-2013	Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах

Продолжение таблицы 1

1	2
ТР ТС 010/2011	«О безопасности машин и оборудования» [3]
ГОСТ 12.2.085-2002	Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные. Требования безопасности [4]
ГОСТ 21.404-85	«Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».
НПБ 105-03	Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
ПБ 03-517-02	Общие правила промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов
ПБ 03-576-03	Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением
ПБЭ НП-2001	Правила безопасной эксплуатации и охраны труда для нефтеперерабатывающих производств [5]
СП 12.13130.2009	Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности
ТР ТС 032/2013	Технический регламент таможенного союза о безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением [6]

«В соответствии с ФНиП в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» для каждой технологической системы должны предусматриваться меры по максимальному снижению взрывоопасности технологических блоков, направленных на предотвращение взрывов и пожаров внутри технологического оборудования, защиту технологического оборудования от разрушения и максимальное ограничение выбросов из него горючих веществ в атмосферу при аварийной разгерметизации, исключение возможности взрывов и пожаров, снижение тяжести последствий взрывов и пожаров» [1].

При неправильном ведении и организации технологического процесса, существует риск возможности взрыва в технологической системе. Для того чтобы исключить данный риск устанавливаются критические значения параметров, определяющих взрывоопасность процесса, допустимый диапазон их изменений, аппаратурное оформление процесса. Данные параметры подлежат контролю и регулированию в заданном диапазоне.

Технологическое оборудование, трубопроводы, аппараты в которых при отклонениях от регламентированного режима проведения технологического процесса возможно образование взрывопожароопасных смесей, обеспечиваются системами подачи в них инертных газов (инертных сред), флегматизирующих добавок или другими техническими средствами, предотвращающими образование взрывоопасных смесей или возможность их взрыва при наличии источника инициирования [7].

Количество инертных газов для каждого технологического объекта, система их транспортирования и место ввода в технологическую систему выбираются с учетом особенностей работы технологической системы, одновременности загрузки и определяются проектом. Параметры инертной среды определяются исходя из условия обеспечения взрывобезопасности технологического процесса.

«Технологические системы должны оснащаться средствами контроля за

параметрами, определяющими взрывоопасность процесса, с регистрацией показаний и предаварийной (а при необходимости - предупредительной) сигнализацией их значений, а также средствами автоматического регулирования и противоаварийной защиты» [1].

«Для взрывоопасных технологических процессов должны предусматриваться системы ПАЗ, предупреждающие возникновение аварии при отклонении от предусмотренных технологическим регламентом на производство продукции предельно допустимых значений параметров процесса во всех режимах работы и обеспечивающие безопасную остановку или перевод процесса в безопасное состояние по заданной программе» [1].

Системы ПАЗ включаются в общую автоматизированную систему управления технологическим процессом (далее - АСУТП). Формирование сигналов для ее срабатывания должно базироваться на регламентированных предельно допустимых значениях параметров, определяемых свойствами обрабатываемых веществ и характерными особенностями технологического процесса.

В процессе технологического процесса возникают риски нарушения герметичности системы (разгерметизации уплотнений подвижных соединений, разрушения оборудования от превышения давления), образования в системе взрывоопасной среды.

«Технологические системы с взрывоопасной средой должны оснащаться средствами взрывопредупреждения и защиты оборудования и трубопроводов от разрушений (мембранными предохранительными устройствами, взрывными клапанами, системами флегматизации инертным газом, средствами локализации пламени» [1].

«Технологические системы, в которых обращаются горючие продукты (газообразные, жидкие, твердые), способные образовывать взрывоопасные смеси с воздухом, должны быть герметичными и исключать создание опасных концентраций этих веществ в окружающей среде во всех режимах работы» [1].

«Для производств, имеющих в своем составе технологические блоки I и II

категории взрывоопасности, разрабатываются специальные меры:

размещение технологического оборудования в специальных взрывозащитных конструкциях;

оснащение производства автоматизированными системами управления и ПАЗ, обеспечивающей автоматическое регулирование процесса и безаварийную остановку производства по специальным программам, определяющим последовательность и время выполнения операций отключения при аварийных выбросах взрывопожароопасных веществ из технологического оборудования, а также снижение или исключение возможности ошибочных действий производственного персонала при ведении процесса, пуске и остановке производства и другие меры [1].

Производства, имеющие в своем составе технологические блоки III категории взрывоопасности, оснащаются системами автоматического (с применением вычислительной техники или без нее) регулирования, средствами контроля параметров, значения которых определяют взрывоопасность процесса, эффективными быстродействующими системами, обеспечивающими приведение технологических параметров к регламентированным значениям или остановке процесса.

Для технологических блоков, имеющих $Q_v \leq 10$, предусматривается применение ручного регулирования при автоматическом контроле параметров, значения которых определяют взрывоопасность процесса.

«Для максимального снижения выбросов в окружающую среду горючих и взрывопожароопасных веществ при аварийной разгерметизации системы необходимо предусматривать следующие меры:

для технологических блоков I категории взрывоопасности - установка автоматических быстродействующих запорных и (или) отсекающих устройств со временем срабатывания не более 12 секунд;

для технологических блоков II и III категории взрывоопасности - установка запорных и (или) отсекающих устройств с дистанционным управлением и временем срабатывания не более 120 секунд;

для блоков с относительным значением энергетического потенциала $Q_B \leq 10$ - установка запорных устройств с ручным приводом, при этом предусматривается минимальное время приведения их в действие за счет рационального размещения (максимально допустимого приближения к рабочему месту оператора), но не более 300 секунд» [1].

При этом должны быть обеспечены условия безопасного отсечения потоков и исключены гидравлические удары.

Для технологических блоков всех категорий взрывоопасности и (или) отдельных аппаратов, в которых обращаются взрывопожароопасные продукты, предусматриваются системы аварийного освобождения, которые комплектуются запорными быстродействующими устройствами.

«Системы аварийного освобождения технологических блоков I и II категории взрывоопасности обеспечиваются запорными устройствами с автоматически управляемыми приводами, для III категории блоков разрешено применение средств с ручным приводом, размещаемым в безопасном месте, и минимальным регламентированным временем срабатывания» [1].

При перемещении горючих парогазовых сред, жидкостей и мелкодисперсных твердых продуктов могут возникнуть следующие риски: конденсация перемещаемых сред, кристаллизация горючих продуктов в трубопроводах и аппаратах, отложения на внутренних поверхностях трубопроводов и аппаратов продуктов осмоления, полимеризации. Для насосов и компрессоров определяются способы и средства контроля герметичности уплотняющих устройств и давления в них затворной жидкости.

Теплообменные процессы и теплообменное оборудование должны проектироваться и выбираться с учетом анализа возможных рисков образования взрывоопасных веществ вследствие взаимного проникновения и взаимодействия теплоносителя с технологической средой для того, чтобы предотвратить возможность возникновения аварийных ситуаций.

Возможные риски связано с образованием взрывоопасных веществ при химическом взаимодействии теплоносителей с технологической средой.

В таком случае предусматриваются методы и средства контроля и сигнализации о взаимном проникновении теплоносителя и технологического продукта, а также средства противоаварийной защиты, необходимые для безопасного проведения процесса.

«При организации теплообменных процессов с огневым обогревом необходимо предусматривать меры и средства, исключающие возможность образования взрывоопасных смесей в нагреваемых элементах (змеевиках), топочном пространстве и рабочей зоне печи» [1].

«Противоаварийная автоматическая защита топочного пространства нагревательных печей обеспечивается:

системами регулирования заданного соотношения топлива, воздуха и водяного пара;

блокировками, прекращающими поступление газообразного топлива и воздуха при снижении их давления ниже установленных параметров, а также при прекращении электро- (пнеumo-) снабжения контрольно-измерительных приборов и автоматики (далее - КИПиА);

средствами сигнализации о прекращении поступления топлива, а также воздуха при его принудительной подаче в топочное пространство;

средствами контроля за уровнем тяги и автоматического прекращения подачи топливного газа в зону горения при остановке дымососа или недопустимом снижении разрежения в печи, а при компоновке печных агрегатов с котлами-утилизаторами - системами по переводу на работу агрегатов без дымососов;

средствами автоматической или дистанционной подачи водяного пара или инертного газа в топочное пространство и в змеевики при прогаре труб. При осуществлении каталитических процессов, применяемых в нефтеперерабатывающих и нефтехимических производствах, подача пара в змеевики печей не допускается» [1].

Технические решения по противоаварийной автоматической защите топочного пространства и змеевиков при прогаре труб нагревательных печей

обосновываются в проектной документации.

«Противоаварийная автоматическая защита нагреваемых элементов (змеевиков) нагревательных печей обеспечивается:

аварийным освобождением змеевиков печей от нагреваемого жидкого продукта при повреждении труб или прекращении его циркуляции;

блокировками по отключению подачи топлива при прекращении подачи сырья;

средствами дистанционного отключения подачи сырья и топлива в случаях аварий в системах змеевиков;

средствами сигнализации о падении давления в системах подачи сырья» [1].

Для изоляции печей с открытым огневым процессом от взрывоопасной среды, образующейся при авариях на наружных установках или в зданиях, печи должны быть оборудованы паровой завесой или завесой в виде струйной подачи инертных газов, включающейся автоматически или дистанционно и обеспечивающей предотвращение контакта взрывоопасной среды с огневым пространством печи.

При включении завесы должна срабатывать сигнализация по месту и на щите оператора.

Топливный газ для нагревательных печей должен соответствовать регламентированным требованиям по содержанию в нем жидкой фазы, влаги и механических примесей. Предусматриваются средства, исключающие наличие жидкости и механических примесей в топливном газе, поступающем на горелки.

При организации теплообменных процессов с применением высокотемпературных органических теплоносителей (далее - ВОТ) предусматриваются системы удаления летучих продуктов, образующихся в результате частичного их разложения.

При ведении процесса вблизи верхнего допустимого предела применения ВОТ должен устанавливаться контроль за изменением состава теплоносителя;

допустимые значения показателей состава ВОГ устанавливаются в технологическом регламенте на производство продукции.

В технологических системах для предупреждения аварий, предотвращения их развития необходимо применять противоаварийные устройства: запорную и запорно-регулирующую арматуру, клапаны, отсекающие и другие отключающие устройства, предохранительные устройства от превышения давления, средства подавления и локализации пламени, автоматические системы подавления взрыва.

При проектировании управляемого программным обеспечением оборудования должны учитываться риски, связанные с ошибками в программе. В технологических блоках всех категорий взрывоопасности и во всех системах регулирования соотношения горючих сред с окислителями для аварийного отключения в качестве отсекающих устройств должна применяться запорно-регулирующая арматура, соответствующая требованиям по быстродействию и надежности.

«Технические устройства (в том числе запорная арматура, клапаны, отсекатели), предназначенные для аварийного отключения блока, должны соответствовать требованиям к безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах, обеспечивать защиту технологических систем при аварийных режимах с заданным быстродействием срабатывания:

быстродействие отключающих устройств, устанавливаемых на трубопроводах теплоносителя, используемого для испарения горючей жидкости, устанавливается в проектной документации;

источники давления установок с технологическими блоками I и II категории взрывоопасности должны отключаться одновременно со срабатыванием отсекающей арматуры на линиях нагнетания, быстродействие которой определяется проектом» [1].

Технические устройства (в том числе арматура, клапаны), предназначенные для подачи в технологическую аппаратуру ингибирующих и инертных веществ, должны соответствовать требованиям к безопасности

оборудования для работы во взрывоопасных средах, обеспечивать при аварийных режимах заданные параметры по производительности и быстродействию:

в системах подачи инертного газа в технологические блоки всех категорий взрывоопасности обеспечивать объемные скорости ввода инертного газа, исключая образование взрывоопасных смесей во всех возможных случаях отклонений процесса от регламентированных значений;

в системах ввода ингибирующих веществ технологических блоков всех категорий взрывоопасности обеспечивать необходимые объемные скорости подачи ингибиторов для подавления неуправляемых экзотермических реакций; на коммуникациях организованного сброса горючих парогазовых и жидких сред технологических блоков всех категорий взрывоопасности исключать возможность выброса этих сред в атмосферу.

При срабатывании средств защиты, устанавливаемых на оборудовании, должна быть предотвращена возможность травмирования обслуживающего персонала, выброса взрывоопасных продуктов в рабочую зону и окружающую среду.

Применяемая для взрывозащиты технологических систем арматура, предохранительные устройства, средства локализации пламени должны изготавливаться в соответствии с техническими требованиями к безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах и требованиями, установленными в технической документации организации-изготовителя.

На ОПО применяются технические устройства, прошедшие испытания в установленном порядке и имеющие соответствующие разрешительные документы для их применения.

При выборе, расчете и эксплуатации средств защиты аппаратов и коммуникаций от превышения давления должны учитываться технические требования к безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах и технические требования, установленные нормативными документами, содержащими требования по выбору, расчету и эксплуатации средств защиты

аппаратов и коммуникаций от превышения давления.

При установке предохранительных устройств на технологических аппаратах (трубопроводах) с взрывопожароопасными продуктами должны предусматриваться меры и средства (в том числе и автоматического регулирования процесса), обеспечивающие минимальную частоту их срабатывания. Не допускается эксплуатация взрывопожароопасных технологических установок с неисправными или отключенными противоаварийными устройствами и системами подачи инертных и ингибирующих веществ. Состояние средств противоаварийной защиты, систем подачи инертных и ингибирующих веществ должно периодически контролироваться.

Периодичность и методы контроля определяются в проектной документации и устанавливаются в технологическом регламенте на производство продукции.

ОПО, имеющие в своем составе объекты с технологическими блоками I и II категорий взрывоопасности, должны оснащаться автоматическими и (или) автоматизированными системами управления, построенными на базе электронных средств контроля и автоматики, включая средства вычислительной техники.

«АСУТП на базе средств вычислительной техники должна соответствовать требованиям технического задания и обеспечивать:

постоянный контроль за параметрами технологического процесса и управление режимами для поддержания их регламентированных значений;

регистрацию срабатывания и контроль за работоспособным состоянием средств ПАЗ;

постоянный контроль за состоянием воздушной среды в пределах объекта;

постоянный анализ изменения параметров в сторону критических значений и прогнозирование возможной аварии;

срабатывание средств управления и ПАЗ, прекращающих развитие опасной ситуации;

срабатывание средств локализации и ликвидации аварий, выбор и реализацию оптимальных управляющих воздействий;

проведение операций безаварийного пуска, остановки и всех необходимых для этого переключений;

выдачу информации о состоянии безопасности на объекте в вышестоящую систему управления» [1].

В помещениях управления должна предусматриваться световая и звуковая сигнализация, срабатывающая при достижении предупредительных значений параметров процесса, определяющих его взрывоопасность.

Системы противоаварийной автоматической защиты ПАЗ должны обеспечивать защиту персонала, технологического оборудования и окружающей среды в случае возникновения на управляемом объекте нештатной ситуации, развитие которой может привести к аварии.

Системы ПАЗ функционируют независимо от системы управления технологическим процессом. Нарушение работы системы управления не должно влиять на работу системы ПАЗ.

«Система ПАЗ выполняет следующие функции:

автоматическое обнаружение потенциально опасных изменений состояния технологического объекта или системы его автоматизации;

автоматическое измерение технологических переменных, важных для безопасного ведения технологического процесса (например, измерение переменных, значения которых характеризуют близость объекта к границам режима безопасного ведения процесса);

автоматическая диагностика отказов, возникающих в системе ПАЗ и (или) в используемых ею средствах технического и программного обеспечения;

автоматическая предаварийная сигнализация, информирующая оператора технологического процесса о потенциально опасных изменениях, произошедших в объекте или в системе ПАЗ;

автоматическая защита от несанкционированного доступа к параметрам настройки и (или) выбора режима работы системы ПАЗ» [1].

«Системы ПАЗ для объектов, имеющих в составе технологические блоки I и II категорий взрывоопасности, должны строиться на базе программируемых логических контроллеров, способных функционировать по отказобезопасной структуре и проверенных на соответствие требованиям функциональной безопасности» [1].

Методы и средства ПАЗ выбираются на основе анализа опасностей, возникающих при эксплуатации технологических объектов, условий возникновения и развития возможных аварийных ситуаций, особенностей технологических процессов и аппаратурного оформления. Рациональный выбор средств для систем ПАЗ осуществляется с учетом их надежности, быстродействия в соответствии с их техническими характеристиками.

В системах ПАЗ не допускается применение многоточечных приборов контроля параметров, определяющих взрывоопасность процесса.

Проектирование системы ПАЗ и выбор ее элементов осуществляются исходя из условий обеспечения работы системы в процессе эксплуатации, обслуживания и ремонта в течение всего жизненного цикла защищаемого объекта.

Показатели надежности, безопасности и быстродействия систем ПАЗ определяются разработчиками систем с учетом требований технологической части проекта. При этом учитываются категория взрывоопасности технологических блоков, входящих в объект, и время развития возможной аварии.

Время срабатывания системы защиты должно быть таким, чтобы исключалось опасное развитие возможной аварии.

«В системах ПАЗ и управления технологическими процессами любых категорий взрывоопасности должно быть исключено их срабатывание от кратковременных сигналов нарушения нормального хода технологического процесса, в том числе и в случае переключений на резервный или аварийный источник электропитания» [1].

Для ОПО химической, нефтехимической и нефтегазоперерабатывающей

промышленности предусматривается предаварийная сигнализация по предупредительным значениям параметров, определяющих взрывоопасность объектов.

«В случае отключения электроэнергии или прекращения подачи сжатого воздуха для питания систем контроля и управления системы ПАЗ должны обеспечивать перевод технологического объекта в безопасное состояние. Необходимо исключить возможность произвольных переключений в этих системах при восстановлении питания» [1].

Возврат технологического объекта в рабочее состояние после срабатывания системы ПАЗ выполняется обслуживающим персоналом по инструкции.

Исполнительные механизмы систем ПАЗ, кроме указателей крайних положений непосредственно на этих механизмах, должны иметь устройства, позволяющие выполнять индикацию крайних положений в помещении управления.

«Надежность систем ПАЗ обеспечивается аппаратным резервированием различных типов (дублирование, троирование), временной и функциональной избыточностью и наличием систем диагностики с индикацией рабочего состояния и самодиагностики с сопоставлением значений технологических связанных параметров. Достаточность резервирования и его тип обосновываются разработчиком проекта» [1].

Показатели надежности систем ПАЗ устанавливаются и проверяются не менее чем для двух типов отказов данных систем: отказы типа "несрабатывание" и отказы типа "ложное срабатывание".

1.2 Результаты патентного поиска

Патентный поиск направлен на устранение недостатков, найденных в результате исследования, представленный в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень просмотренной патентной документации

Предмет поиска	Страны поиска	Классификационные индексы
1	2	3
Автоматизированная система управления отсечными клапанами	Россия, США	F02C 9/00 - Управление газотурбинными установками; управление топливоподачей в воздушно-реактивных двигательных установках
Средства противоаварийной автоматической защиты, отсечные клапана	Россия, США	F16K 31/04 - Средства управления; включающие устройства - при помощи электродвигателя F16K 31/02 – Средства управления; включающие устройства – электрические; магнитные F16K 31/56 - Средства управления; включающие устройства - без устойчивого промежуточного положения, например с защелкиванием F16K 17/04 - Предохранительные клапаны; клапаны, выравнивающие давление - нагруженные пружиной F16K 17/22 – Предохранительные клапаны; клапаны, выравнивающие давление - срабатывающие при

Продолжение таблицы 2

1	2	3
		<p>разности давления между двумя участками в линии потока</p> <p>F16K 3/12 - Задвижки или шиберные затворы, т.е. отключающие устройства с запорными элементами, совершающими скользящее движение вдоль седловой поверхности – с клиновидным устройством седловых поверхностей</p> <p>H02H 7/00 - Производство, преобразование и распределение электрической энергии</p>

Перечень изученных патентов, представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Перечень патентов

№ патента	Классы МПК	Патентообладатель	Дата подачи заявки/дата публикации	Название
1	2	3	4	5
РФ № 156250	F02C 9/00 (2006.01)	Закрытое акционерное общество "Интеравтоматика"	21.07.2015/ 10.11.2015	Автоматизированная система управления быстродействующими отсечными клапанами

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
РФ №1 7338	F16K 31/04 (1990.01)	Центральное конструктор ское бюро арматурострое ния Ленинградско го научно- производствен ного объединения арматурострое ния «Знамя труда»	15.02.90	Устройство управления отсечным клапаном
РФ №103593	F16K 31/02 (2006.01) F16K 31/56 (2006.01)	Закрытое акционерное общество "АМАКС-газ"	26.08.2010/ 20.04.2011	Электромеханич еский привод отсечного клапана
РФ № 166610	F 16K 17/04 (2006.01)	Акционерное общество "Завод малых серий "Знамя труда"	03.06.2016/ 10.12.2016	Отсечной клапан
РФ № 120737	F 16K 17/22 (2006.01)	Свистунов Владимир Иванович	06.04.2012/ 27.09.2012	Клапан отсечной
РФ № 2015 122 111	F16K 15/00 (2006.01)	Закрытое акционерное общество "АРМЭКС"	10.06.2015/ 10.01.2017	Клапан отсечной пассивноуправля емый
РФ № 82016	F16K 3/12 (2006.01)	Закрытое акционерное общество Центральный конструкторск о - технологи ческий	12.11.08	Быстродействую щий запорно- отсечной клапан

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	
		институт арматурострое ния			
РФ № 2 451 377	Н 02Н (2006.01)	7/00	Общество с ограниченной ответственно стью "ТРЭИ ГМБХ"	15.03.2011/ 20.05.2012	Система противоаварийн ой защиты

По результатам патентного поиска были выбраны патенты, которые мы можем использовать в результате анализа. Рассмотрим выбранные патенты.

На основе патентного поиска была выбрана автоматизированная система управления быстродействующими отсечными клапанами [8].

«Полезная модель относится к области автоматизированного управления и может быть использована для управления быстродействующими отсечными клапанами (БОК), установленными на линиях подачи газообразной или жидкой среды к технологическим установкам. Сущность: автоматизированная система управления (АСУ) БОК, установленными на линиях подачи газообразной или жидкой среды, содержит приводные электромагниты (ПЭМ 20 по два на каждый БОК или по две обмотки 21, 22 одного ПЭМ, двухканальную цепь независимого управления электропитанием каждой обмотки 21, 22 ПЭМ 20; установленные на каждом из указанных каналов управления (КУ) 11,12 электромагнитные реле управления (РУ) 411, 412, 421, 422 с нормально разомкнутыми контактами в каждой линии указанных цепей управления электропитанием; устройство проверки исправности (УПИ) указанных цепей управления электропитанием и программно-технический комплекс (ПТК) 60, управляющий работой указанных электромагнитных РУ, исходя из получаемых команд и сигналов о состоянии контролируемых параметров объекта и цепей управления. Отличие: ПТК 60 дополнительно снабжен элементом задания

периодического переключения электропитания (ЭЗП) 63 указанных КУ 11, 12 с заданной частотой как в открытом, так и в закрытом положении БОКи блоком отображения текущей информации (БОИ) 64 о результатах проверки исправности соответствующей цепи при каждом переключении электропитания. УПИ цепей управления электропитанием выполнено в виде отдельного для каждого из КУ 11, 12 электронного индикатора тока (ЭИТ) 71, 72 известного типа, включенного последовательно в контролируемую цепь. Технический результат - обеспечение максимально возможной по техническим условиям частоты эксплуатационной проверки исправности элементов реле и цепей управления, а также повышение надежности и удобства индикации результатов указанной проверки» [8].

Полезная модель относится к области автоматизированного управления и может быть использована для управления быстродействующими отсечными клапанами, установленными на линиях подачи газообразной или жидкой среды к технологическим установкам [36].

В частности, полезная модель может быть использована для управления быстродействующими отсечными клапанами, установленными на линиях подачи газообразного или жидкого топлива в камеру сгорания стационарного или транспортного, в том числе авиационного, газотурбинного двигателя.

Во многих технологических процессах используется оборудование, которое необходимо отключать (выводить из работы) с помощью быстродействующих отсечных клапанов при возникновении нештатной ситуации. Известна автоматизированная система управления быстродействующими отсечными клапанами, установленными на линиях подачи газообразной или жидкой среды, содержащая:

Приводные электромагниты указанных клапанов по два электромагнита или по две обмотки одного электромагнита на каждый клапан;
двухканальную цепь независимого управления электропитанием указанных приводных электромагнитов;

установленные на каждом из указанных каналов управления электромагнитные реле управления с нормально разомкнутыми контактами в каждой линии указанных цепей электропитания;

программно-технический комплекс, управляющий работой указанных электромагнитных реле управления, исходя из получаемых команд и сигналов о состоянии контролируемых параметров объекта и цепей управления (RU 2451628, В64F 5/00, 2012 [1] - ближайший аналог).

«Как правило, быстродействующие отсечные клапаны ставятся на линиях особо ответственных объектов, в связи с чем к системам управления ими предъявляются повышенные требования надежности. Применительно к энергетическим установкам с газотурбинными двигателями поводом для выработки команды на экстренное отключение линий подачи топлива может быть, например, повреждение электрогенератора, самого газотурбинного двигателя или погасание пламени в его камере сгорания. Кроме того, важно исключить возможность срабатывания защиты от случайных ложных сигналов, что достигается введением разрешения на срабатывание реле управления только при получении двух независимых команд. Необходимо также периодически контролировать исправность элементов реле и цепей указанной системы управления, для чего предусмотрено соответствующее устройство. Согласно указанное устройство проверки исправности цепей электропитания предусматривает использование сигналов индикаторов обратной связи, в качестве которых служат экран дисплея или светодиоды, подключенные по одному к каждой обмотке приводного электромагнита» [8].

К недостаткам такого технического решения следует отнести относительно низкий уровень эксплуатационной надежности проверки, так как указанное устройство используется для проверки правильности передачи команд к исполнительным устройствам только на этапе сдачи системы управления в эксплуатацию. Эксплуатационный контроль цепей электропитания приводных электромагнитов согласно не производится.

«Задачей полезной модели является повышение надежности системы управления быстродействующими отсечными клапанами, а техническими результатами - обеспечение максимально возможной по техническим условиям частоты эксплуатационной проверки исправности элементов реле и цепей управления, а также повышение надежности и удобства индикации результатов указанной проверки» [8].

Решение указанной задачи и достижение связанных с ее решением указанных технических результатов обеспечивается тем, что в автоматизированной системе управления быстродействующими отсечными клапанами, установленными на линиях подачи газообразной или жидкой среды, содержащей:

приводные электромагниты указанных клапанов по два электромагнита или по две обмотки одного электромагнита на каждый клапан;

двухканальную цепь независимого управления электропитанием указанных приводных электромагнитов;

установленные на каждом из указанных каналов управления электромагнитные реле управления с нормально разомкнутыми контактами в каждой линии указанных цепей электропитания;

устройство проверки исправности указанных цепей электропитания и программно-технический комплекс, управляющий работой указанных электромагнитных реле управления, исходя из получаемых команд и сигналов о состоянии контролируемых параметров объекта и цепей управления, согласно полезной модели:

указанный программно-технический комплекс дополнительно снабжен элементом задания периодического переключения электропитания указанных каналов с заданной частотой как в открытом, так и в закрытом положении клапана, и блоком отображения текущей информации о результатах проверки исправности соответствующей цепи при каждом переключении электропитания;

а указанное устройство проверки исправности цепей электропитания выполнено в виде отдельного для каждого из указанных каналов электронного индикатора тока известного типа, включенного последовательно в контролируемую цепь.

Причинно-следственная связь между совокупностью признаков, характеризующих заявляемую полезную модель, и достигаемым ею техническим результатом заключается в следующем. Использование двух приводных электромагнитов или двух обмоток одного приводного электромагнита на каждый клапан и двухканальной цепи независимого управления электропитанием каждой обмотки указанных приводных электромагнитов позволяет в эксплуатационном режиме поочередно выключать из работы одну из указанных цепей для проверки ее исправности, включая исправность установленных в ней реле управления.

Снабжение программно-технического комплекса элементом задания периодического переключения электропитания указанных каналов с заданной частотой как в открытом, так и в закрытом положении клапана, позволяет повысить надежность указанной проверки за счет сокращения до минимума времени межпроверочного режима с исключением возможности влияния на установленную частоту проверки «человеческого фактора».

Введение в программно-технический комплекс блока отображения текущей информации о результатах проверки исправности соответствующей цепи при каждом переключении электропитания позволяет повысить надежность и удобство донесения информации о состоянии исправности цепей управления подачи электропитания приводам клапанов оператору для своевременного принятия мер по исправлению обнаруженной неисправности.

Выполнение устройства проверки исправности цепей электропитания в виде отдельного для каждого из указанных каналов электронного индикатора тока известного типа, включенного последовательно в контролируемую цепь позволяет повысить надежность проверки исправности контролируемых цепей

за счет использования более надежного информирующего сигнала о появлении неисправности.

Условные обозначения

АСУ - автоматизированная система управления;

БОИ - блок отображения информации;

БОК - быстродействующий отсечной клапан;

БП - блок питания ПТК;

ГТД - газотурбинный двигатель;

ИУ - исполнительное устройство КУ;

КУ - канал управления;

М - минус электропитания;

П - плюс электропитания;

ПБ - процессорный блок ПТК;

ПТК - программно-технический комплекс;

ПЭМ - приводной электромагнит;

РУ - реле управления;

УПИ - устройство проверки исправности цепей электропитания КУ;

ЭЗП - элемент задания на переключение электропитания;

ЭИТ - электронный индикатор тока.

Расшифровка нумераций позиций фигур чертежа

11, 12 - КУ; 20 - ПЭМ; 21, 22 - первая и вторая обмотки ПЭМ; 311, 321 - плюсовая и минусовая линии электропитания первого КУ; 312, 322 - плюсовая и минусовая линии электропитания второго КУ; 41, 42 - ИУ соответственно первого и второго КУ; 411, 412, 421, 422 - электромагнитные РУ; 51-54 - линии подачи сигналов управления соответственно А, Б, В, Г к обмоткам РУ от ПТК; 60 - ПТК; 61 - БП; 62 - ПБ ПТК; 621-624 - выходы ПТК для подключения цепей управления; 625, 626 - входы ПТК для подключения линий подачи сигналов о состоянии исправности цепи электропитания контролируемого КУ; 63 - ЭЗП; 64 - БОИ ПТК; 71, 72 - ЭИТ; 81, 82 - линии подачи в ПБ ПТК сигналов о состоянии исправности цепей электропитания контролируемого КУ.

Работа АСУ БОК согласно полезной модели осуществляется следующим образом. Включение БОК в работу осуществляется с операторского пульта (не показан) путем подачи через ПТК 60 одновременно в КУ 11 и КУ 12 сигналов управления А, Б, В, Г. Отключение БОК может быть выполнено путем одновременного производства обратных действий также с операторского пульта или при поступлении на ПТК 60 аварийного сигнала, например, о погасании пламени в камере сгорания ГТД.

Для эксплуатационного контроля состояния исправности электрических цепей КУ 11 и КУ 12 согласно полезной модели производится практически непрерывное поочередное «прозванивание» указанных цепей каждого КУ как в закрытом, так и открытом положении БОК. Осуществление такой проверки возможно только при условии, когда для включения БОК в работу требуется одновременное включение цепей обоих КУ ПЭМ 20, а для отключения БОК из работы обесточивания цепи только одного КУ недостаточно.

АСУ БОК согласно полезной модели отвечает условию «промышленная применимость». Сущность ее раскрыта в формуле, описании и фигурах чертежа достаточно ясно, а используемые средства просты и доступны для промышленной реализации в отраслях, использующих БОК в АСУ различных технологических процессов.

Автоматизированная система управления быстродействующими отсечными клапанами, установленными на линиях подачи газообразной или жидкой среды, содержащая:

приводные электромагниты 20 указанных клапанов по два электромагнита или по две обмотки 21, 22 одного электромагнита 20 на каждый клапан;

двухканальную цепь независимого управления электропитанием указанных приводных электромагнитов 20;

установленные на каждом из указанных каналов управления 11, 12 электромагнитные реле управления 411, 412, 421, 422 с нормально разомкнутыми контактами в каждой линии указанных цепей электропитания;

устройство проверки исправности указанных цепей управления электропитанием и программно-технический комплекс 60, управляющий работой указанных электромагнитных реле управления, исходя из получаемых команд и сигналов о состоянии контролируемых параметров объекта и цепей управления,

отличающаяся тем, что указанный программно-технический комплекс 60 дополнительно снабжен элементом 63 задания периодического переключения электропитания указанных каналов 11, 12 с заданной частотой как в открытом, так и в закрытом положении клапана, и блоком 64 отображения текущей информации о результатах проверки исправности соответствующей цепи при каждом переключении электропитания;

а указанное устройство проверки исправности цепей управления электропитанием выполнено в виде отдельного для каждого из указанных каналов 11, 12 электронного индикатора тока 71, 72 известного типа, включенного последовательно в контролируемую цепь. На рисунке 1 изображена принципиальная схема автоматизированной системы управления быстродействующими отсечными клапанами согласно полезной модели;

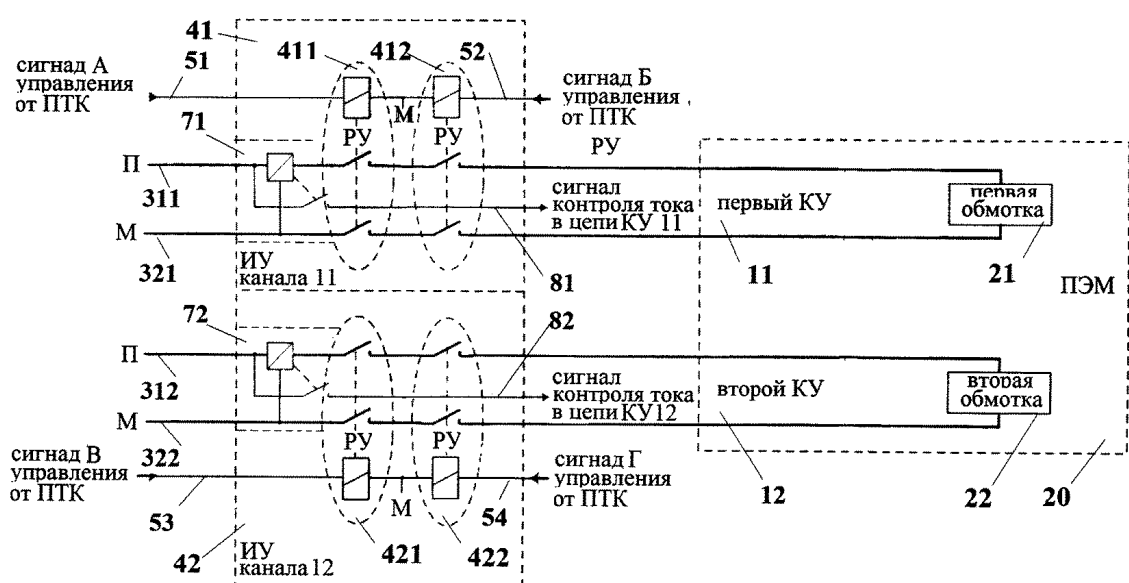


Рисунок 1 – Автоматизированная система управления быстродействующими отсечными клапанами

Также подробно рассмотрим патент на отсечной клапан [9]. Полезная модель относится к машиностроению и предназначено для принудительного перекрытия подачи жидкости или газа по трубопроводу.

Технической задачей предлагаемого решения является повышение прочности стакана и повышение пропускной способности без увеличения габаритных размеров. Для этого клапан отсечной содержит седло в виде стакана с проходными отверстиями в его дне, причем проходные отверстия в дне стакана выполнены в виде радиальных сквозных выемок через равные угловые интервалы со стороны цилиндрической части стакана в направлении к центру стакана.

Полезная модель относится к машиностроению и предназначено для принудительного перекрытия подачи жидкости или газа по трубопроводу.

Наиболее близким техническим решением к предлагаемому является клапан отсечной, содержащий седло в виде стакана с проходными отверстиями в его дне (см. патент RU N2182271 опубл. 10.05.2002). Недостатком его является недостаточные пропускная способность и прочность стакана.

«Технической задачей предлагаемого решения является повышение прочности стакана и повышение пропускной способности без увеличения габаритных размеров. Для этого клапан отсечной содержит седло в виде стакана с проходными отверстиями в его дне, причем проходные отверстия в дне стакана выполнены в виде радиальных сквозных выемок через равные угловые интервалы со стороны цилиндрической части стакана в направлении к центру стакана» [9].

Отличительной особенностью предлагаемой конструкции является то, что проходные отверстия в дне стакана выполнены в виде радиальных сквозных выемок через равные угловые интервалы со стороны цилиндрической части стакана в направлении к центру стакана.

Сущность полезной модели поясняется чертежами, где на рисунке 2 изображен клапан в разрезе. Клапан отсечной содержит седло в виде стакана 1 с проходными отверстиями 2 в его дне 3, тарелку 4 с ножкой 5, пружину сжатия

6, установленную между дном 3 стакана 1 и тарелкой 4 внутри стакана. Ножка 5 тарелки 4 расположена внутри пружины сжатия 6 и в центральной отверсти 7 в дне 3 стакана 1, выполненное по его оси и соединена с самоконтрящейся гайкой 8 расположенной ниже дна стакана 1. Проходные отверстия 2 в дне стакана выполнены в виде радиальных сквозных выемок через равные угловые интервалы со стороны цилиндрической части стакана 1 в направлении к его центру.

Клапан работает следующим образом.

Во входное отверстие клапана между тарелкой 4 и стаканом 1 поступает поток жидкости или газа, который в рабочем режиме движется внутри стакана 1 и через проходные отверстия 2 в дне 3 стакана 1 поступает в трубопровод (на рисунке не показан). В аварийном режиме увеличение расхода жидкости через клапан приводит к временному росту давления и воздействию через тарелку 4 на пружину 6. Пружина 6 сжимается и тарелка 4 опускается на седло стакана 1, происходит полное перекрытие выходного отверстия.

Выполнение проходных отверстий 2 в виде радиальных выемок в дне стакана 1 позволяет увеличить суммарную площадь проходных отверстий, без потери прочности дна стакана. Этим увеличивается пропускная способность клапана, повышается прочность и долговечность элементов конструкции.

Форма проходных отверстий 2 максимально способствует плавному протеканию потока жидкости или газа через клапан и снижению затрат энергии потока на преодоление сопротивления отсечного клапана.

Клапан отсечной, содержащий седло в виде стакана с проходными отверстиями в его дне, отличающийся тем, что проходные отверстия в дне стакана выполнены в виде радиальных сквозных выемок через равные угловые интервалы со стороны цилиндрической части стакана в направлении к центру стакана.

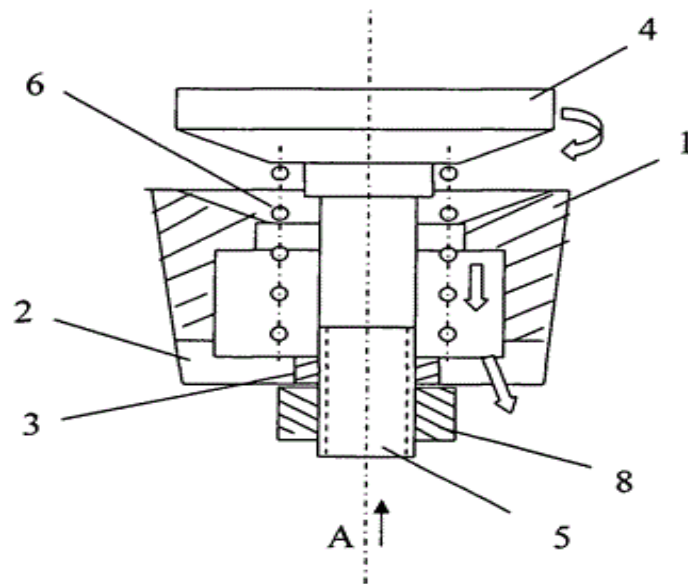


Рисунок 2 – Клапан отсечной

Актуальным для данной работы является патент на изобретение системы противоаварийной автоматической защиты. Система противоаварийной автоматической защиты представлена на рисунке 3. Использование данного изобретения возможно в области электроники и автоматики, в аппаратных средствах автоматизации для построения систем безопасности промышленных объектов. Технический результат заключается в повышении функциональной безопасности и надежности работы. Система содержит датчик состояния контролируемого объекта, процессор, систему ввода-вывода, исполнительное устройство защиты. Система ввода-вывода выполнена в виде универсального интеллектуального модуля ввода-вывода, реализующего функцию контроля, по меньшей мере, одного параметра состояния контролируемого объекта и включающего микроконтроллер, по меньшей мере, один модуль ввода сигнала с датчика состояния контролируемого объекта на микроконтроллер, и, по меньшей мере, один модуль вывода сигнала с микроконтроллера на соответствующее исполнительное устройство защиты [30]. Дополнительно система снабжена, по меньшей мере, одним датчиком состояния контролируемого объекта, по меньшей мере, одним дублирующим универсальным интеллектуальным модулем ввода-вывода, выход дублирующего универсального интеллектуального модуля ввода-вывода соединен с исполнительным устройством защиты, выход дополнительного

датчика состояния контролируемого объекта соединен с входом универсального интеллектуального модуля ввода-вывода, интерфейсные выходы которого посредством дублированных каналов связи соединены с процессором.

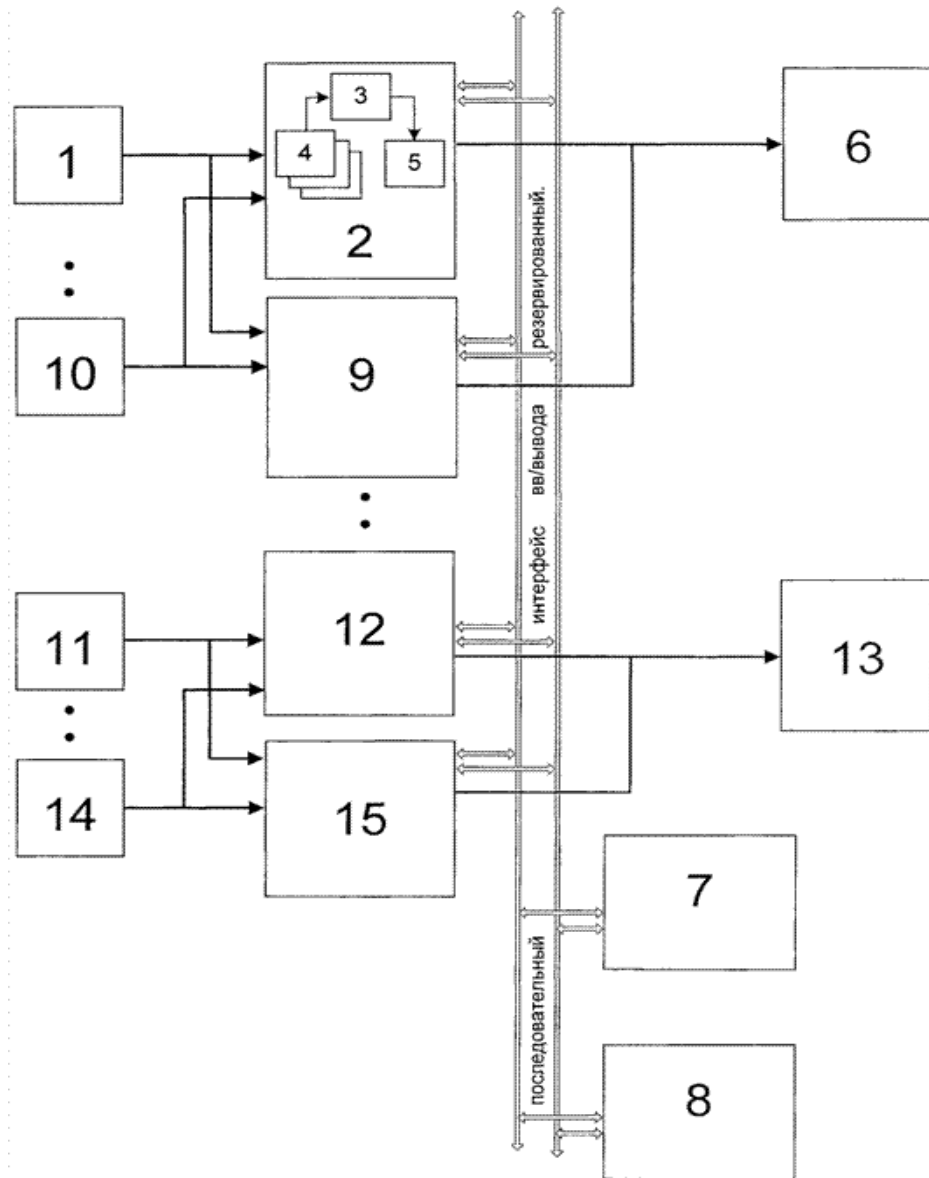


Рисунок 3 – Система противоаварийной автоматической защиты

Изобретение относится к области электроники и автоматики, а именно к оборудованию противоаварийной защиты и автоматики, и предназначено для использования в аппаратных средствах автоматизации для построения систем безопасности промышленных объектов [10].

Известна система противоаварийной защиты фирмы Siemens, включающая сенсоры, контролирующие технологические параметры объекта контроля, связанные с программируемым логическим контроллером PLC (programmable logic controller), который обеспечивает выполнение функций безопасности и состоит из: модулей ввода, обеспечивающих согласование и преобразование электрических сигналов с сенсоров в цифровой интерфейсный код, соответствующий сигналу сенсора; процессоров (основной и резервный), осуществляющих логическую и математическую обработку интерфейсного кода модулей ввода согласно логическим и математическим условиям функций безопасности, последовательно для каждой функции, выработку цифрового интерфейсного кода, передаваемого в модули вывода; модулей вывода, обеспечивающих преобразование интерфейсного кода в электрический сигнал управления исполнительными механизмами защит; исполнительных механизмов защит, переводящих технологический процесс в безопасное или защищенное состояние.

Недостатками известной системы являются:

1. Последовательное выполнение всех функций безопасности в одном процессоре, в общей области памяти.
2. Наличие в одном многоканальном модуле ввода или вывода сигналов, соответствующих разным функциям безопасности.
3. Аппаратная зависимость функции безопасности друг от друга.
4. Невозможности верификации функции безопасности на ложное срабатывание защиты.

«Известна система противоаварийной защиты, содержащая датчики состояния контролируемого объекта и исполнительные механизмы, подключенные к многоканальным модулям ввода и модулям вывода посредством двухпроводного соединения, модули ввода, обслуживающие датчики по функции ввода, и модули вывода, исполнительные механизмы по функции вывода информации, осуществляющие ввод и нормализацию входных сигналов и диагностику состояния датчиков и линий связи с ними благодаря

наличию в модуле микропроцессора, который осуществляет диагностику внутренних схем модуля и вырабатывает диагностические сообщения для центрального процессора программируемого логического контроллера PLC, а также процессорные модули, интерфейсы ввода-вывода программируемого логического контроллера PLC, устройства сигнализации состояния защит, которые осуществляют информирование о начале аварийной ситуации и о времени выхода из нее» [10].

Недостатком известной системы является тот факт, что система предназначена для группового использования функций безопасности и ни одна функция безопасности в системе не может быть реализована локально, а только совместно с остальными функциями безопасности в общей программной области центрального процессора PLC. Отказ одного модуля приводит к отказу всей системы противоаварийной защиты (ПАЗ). Также присутствуют неиспользуемые каналы ввода-вывода. Все это снижает надежность системы в эксплуатации.

Кроме того, при любых изменениях в одной из функции безопасности необходимо провести повторное подтверждение соответствия и повторную верификацию всех данных и результатов. Модули ввода и модули вывода также построены по многоканальному принципу, поэтому при использовании в малой системе ПАЗ, где, например, используется один аналоговый выход, пользователь вынужден применять 16-ти канальный модуль. Таким образом, создается многократная избыточность, которая увеличивает вероятность неопасных отказов, ложных срабатываний защиты и снижает общую надежность системы.

Техническая задача, на решение которой направлено предложенное изобретение, состоит в повышении функциональной безопасности и надежности работы системы ПАЗ путем создания системы противоаварийной защиты (ПАЗ) с независимыми функциями безопасности.

Поставленная техническая задача решается тем, что в системе противоаварийной защиты, содержащей датчик состояния контролируемого

объекта, подключенный к системе ввода-вывода, соединенной с процессором, и соединенное с системой ввода-вывода исполнительное устройство защиты, согласно предложенному изобретению система ввода-вывода выполнена в виде универсального интеллектуального модуля ввода-вывода, реализующего функцию контроля, по меньшей мере, одного параметра состояния контролируемого объекта и включающего микроконтроллер, по меньшей мере, один модуль ввода сигнала с датчика состояния контролируемого объекта на микроконтроллер и, по меньшей мере, один модуль вывода сигнала с микроконтроллера на соответствующее исполнительное устройство защиты, система противоаварийной защиты дополнительно снабжена, по меньшей мере, одним датчиком состояния контролируемого объекта, по меньшей мере, одним дублирующим универсальным интеллектуальным модулем ввода-вывода, реализующим функцию контроля, по меньшей мере, одного параметра состояния контролируемого объекта, выход дублирующего универсального интеллектуального модуля ввода-вывода соединен с исполнительным устройством защиты, выход дополнительного датчика состояния контролируемого объекта соединен с входом универсального интеллектуального модуля ввода-вывода, интерфейсные выходы которого посредством дублированных каналов связи соединены с процессором.

Кроме того, в качестве датчиков состояния используются датчики для вычисления и контроля одного параметра состояния контролируемого объекта.

Кроме того, микроконтроллер универсального интеллектуального модуля ввода-вывода снабжен программным обеспечением, сконфигурированным с возможностью реализации функции контроля одного параметра состояния контролируемого объекта путем считывания значения показания датчиков или значений показаний группы датчиков состояния контролируемого объекта, реализующих функцию контроля одного параметра состояния контролируемого объекта, определяющих входные переменные для функции безопасности, линеаризации и масштабирования считанных значений, вычисления значения контролируемого параметра безопасности, сравнения рассчитанного параметра

с допустимым и/или предельно допустимым значением контролируемого параметра безопасности, в случае совпадения или превышения соответствующего параметра формирования предупредительного сигнала и/или сигнала управляющего воздействия.

Кроме того, система дополнительно включает резервный процессор, связанный посредством каналов связи с, по меньшей мере, одним универсальным интеллектуальным модулем ввода-вывода.

Техническим результатом, достижение которого обеспечивается реализацией заявляемой совокупности существенных признаков, является уменьшение интенсивности отказов, сохранение времени выполнения каждой функции безопасности независимо от количества функций безопасности в системе ПАЗ, возможность индивидуальной верификации функции безопасности, возможность корректировки функции безопасности при гарантированной неизменности других функций безопасности, улучшение метрологических характеристик системы ПАЗ, отсутствие программно-аппаратной избыточности при построении малоканальных систем ПАЗ.

Сущность заявляемого изобретения поясняется чертежами, где на рис.1 представлена блок-схема заявляемой системы противоаварийной защиты.

На рисунке представлены следующие позиции:

- 1 - датчик состояния контролируемого объекта, реализующий функцию контроля одного параметра состояния контролируемого объекта;
- 2 - универсальный интеллектуальный модуль ввода-вывода (УИМВВ); реализующий функцию контроля одного параметра состояния контролируемого объекта;
- 3 - микроконтроллер;
- 4 - модули ввода сигнала;
- 5 - модуль вывода сигнала;
- 6 - исполнительное устройство защиты первой функции безопасности, реализующее функцию защиты по одному параметру состояния контролируемого объекта;

- 7 - процессор коммуникаций защит;
- 8 - резервный процессор коммуникаций защит;
- 9 - дублирующий универсальный интеллектуальный модуль ввода-вывода (УИМВВ) n-й функции безопасности;
- 10 - дополнительный датчик состояния контролируемого объекта первой функции безопасности;
- 11 - датчик состояния контролируемого объекта n-й функции безопасности;
- 12 - дополнительный универсальный интеллектуальный модуль ввода-вывода (УИМВВ) n-й функции безопасности;
- 13 - дополнительное исполнительное устройство защиты n-й функции безопасности;
- 14 - дополнительный датчик состояния контролируемого объекта n-й функции безопасности;
- 15 - дополнительный дублирующий универсальный интеллектуальный модуль ввода-вывода (УИМВВ) n-й функции безопасности.

Система противоаварийной защиты на рисунке 1 представляет собой многоканальное устройство и включает такое количество датчиков состояния контролируемого объекта и связанных с ним соответствующих универсальных интеллектуальных модулей ввода-вывода (УИМВВ) (основной и дублирующий), соединенных с соответствующим исполнительным устройством защиты, которое определяется количеством контролируемых системой параметров состояния объекта.

Все датчики могут быть разбиты на функциональные группы, каждая группа обслуживает только свою функцию безопасности. Количество пар (основной + дублирующий УИМВВ) определяется количеством функций безопасности конкретной системы противоаварийной защиты.

Система противоаварийной защиты содержит по меньшей мере один датчик 1 состояния контролируемого объекта, подключенный к дублированной системе ввода-вывода, соединенной с резервированными процессорами коммуникаций защит 7 и 8, и соединенное с дублированной системой ввода-

вывода по меньшей мере одно исполнительное устройство защиты 6, и дополнительно включает, по меньшей мере, один дополнительный датчик 10 состояния контролируемого объекта, по меньшей мере, одну дополнительную дублированную систему ввода-вывода, выполненную в виде двух универсальных интеллектуальных модулей 12, 15 ввода-вывода, реализующего одну функцию безопасности, датчиков 11, 14 состояния контролируемого параметра, и, по меньшей мере, одно дополнительное исполнительное устройство защиты 13. Выходы дополнительных датчиков 10, 14 состояния контролируемого объекта соединены с входами как основного так и дублирующего 12, 15 УИМВВ, которые посредством каналов связи соединены с процессорами коммуникаций защит 7, 8.

В качестве датчиков 1, 10, 11, 14 параметра состояния контролируемого объекта могут быть использованы датчики давления, температуры, расхода, вибрации, перемещения, скорости и т.д.). В качестве исполнительных устройств защиты 6, 13 могут быть использованы, например, клапан, задвижка, двигатель и т.п.

Система ввода-вывода выполнена в виде универсального интеллектуального модуля 2 ввода-вывода (УИМВВ), реализующего одну функцию безопасности, например: защиту от превышения предельного давления в резервуаре; защиту от самопроизвольного взрыва продукта переработки при достижении давления, температуры и концентрации критических значений; защиту механизмов вращения от катастрофического разрушения при превышении параметров вибрации и осевых смещений; и т.д.

Система дополнительно включает один дублирующий универсальный интеллектуальный модуль 9 ввода-вывода. Датчик 1 состояния контролируемого объекта подключен параллельно к основному и дублирующему универсальным интеллектуальным модулям ввода-вывода (УИМВВ) 2 и 9 соответственно, которые соединены с исполнительным устройством 6 защиты объекта.

Основной универсальный интеллектуальный модуль 2 ввода-вывода и дублирующий универсальный интеллектуальный модуль 9 ввода-вывода соединены через последовательный дублированный интерфейс с основным и резервным процессорами 7 и 8 коммуникаций защит.

Применение последовательного дублированного интерфейса связи в системе противоаварийной защиты (ПАЗ) более предпочтительно, т.к. увеличивает надежность связи, удешевляет интерфейс и позволяет строить децентрализованные системы ПАЗ. Процессоры 7 и 8 выполняют функцию коммуникационного процессора защит и не влияют на выполнение функции безопасности. Универсальный интеллектуальный модуль 2 ввода-вывода (УИМВВ) предназначен для приема сигналов с датчика 1 контроля контролируемого параметра состояния объекта защиты (например, давления, температуры, положения и т.п.) и передачи управляющих сигналов на исполнительное устройство 6 защиты (например, клапан, задвижка, двигатель и т.п.).

Универсальный интеллектуальный модуль 2 ввода-вывода (УИМВВ) включает микроконтроллер 3, по меньшей мере, один модуль 4 (UNIT1) ввода сигнала с датчика 1 состояния контролируемого объекта на микроконтроллер 3 и, по меньшей мере, один модуль 5 (UNIT2) вывода сигнала с микроконтроллера 3 на исполнительное устройство 6 защиты.

Микроконтроллер 3 универсального интеллектуального модуля ввода-вывода снабжен программным обеспечением, сконфигурированным с возможностью реализации функции контроля одного параметра состояния контролируемого объекта путем считывания значения показания датчика или значений показаний группы датчиков состояния контролируемого объекта, реализующих функцию контроля одного параметра состояния контролируемого объекта, определяющих входные переменные для функции безопасности, линеаризации и масштабирования считанных значений, определения значения контролируемого параметра безопасности, сравнения рассчитанного параметра с допустимым и/или предельно допустимым значением контролируемого

параметра безопасности, в случае совпадения или превышения соответствующего параметра формирования предупредительного сигнала и/или сигнала управляющего воздействия.

Микроконтроллер 3 реализует одну функцию безопасности путем непрерывного циклического выполнения данной функции. Локализация функции безопасности в одном УИМВВ позволяет производить индивидуальное тестирование, верификацию и модификацию функции безопасности, без ограничений по использованию других функций безопасности.

Программное обеспечение, реализующее функцию безопасности, создается в специализированной программной среде разработки приложений одним из способов согласно стандарта МЭК 61-131, компилируется в конечный тис-код и через последовательный интерфейс процессора коммуникаций защит устанавливается в память микроконтроллера 3 универсального интеллектуального модуля ввода-вывода.

После загрузки программное обеспечение запускается на исполнение и универсальный интеллектуальный модуль 2 ввода-вывода (УИМВВ) осуществляет постоянное, циклическое выполнение функции безопасности.

Наличие в каждом универсальном модуле 2 ввода-вывода системы ПАЗ программируемого микроконтроллера 3 обеспечивает реализацию интеллектуальной функции ввода-вывода. Универсальный интеллектуальный модуль ввода-вывода (УИМВВ) под управлением программируемого микроконтроллера 3 принимает решение о необходимости выполнения защитных действий согласно алгоритму его функции безопасности, без участия процессора коммуникаций и вне зависимости от состояния или работоспособности других УИМВВ. В прототипе же модули ввода или вывода выполняют только функцию сбора информации и передачи ее в центральный процессор системы ПАЗ, а после принятия процессором ПАЗ решения о выдаче управляющего сигнала модуль вывода получает информацию о подаче сигнала управления исполнительным механизмом. Т.е. один модуль ввода получает

информацию от датчиков, принадлежащих разным функциям безопасности. Процессор ПАЗ выполняет последовательно, по очереди, алгоритмы всех функций безопасности данной ПАЗ. Модуль вывода управляет по команде процессора исполнительными механизмами разных функций безопасности.

Наличие универсального интеллектуального модуля 2 ввода-вывода позволяет обеспечить внутри одного модуля выполнение одной функции безопасности; производить компоновку каналов ввода вывода индивидуально под конкретные требования функции безопасности, используя набор специализированных, устанавливаемых на универсальные; обеспечить независимость выполнения функции безопасности от состояния других функций безопасности, например ремонт, обслуживание, модернизация, проверка. Верификация любой функции безопасности не влияет на работоспособность других, создавать техническое обеспечение функций безопасности для различных уровней опасности от SIL1 до SIL3 внутри одной системы ПАЗ, используя выборочное дублирование или троирование УИМВВ в зависимости от уровня, существенно повысить надежность системы ПАЗ, так как выход из строя одного УИМВВ приводит к отказу только одной функции безопасности системы ПАЗ.

Каждый датчик состояния контролируемого объекта подключен параллельно к основному и дублирующему универсальным интеллектуальным модулям ввода-вывода (УИМВВ) соответственно, которые соединены с соответствующим (относящимся к той же функции безопасности что и датчики) исполнительным устройством защиты объекта. Модули УИМВВ соединены через последовательный дублированный интерфейс с процессорами коммуникаций защит (основным и резервным).

Каждый универсальный интеллектуальный модуль ввода-вывода в паре с дублирующим универсальным интеллектуальным модулем (УИМВВ) реализует одну независимую функцию безопасности по соответствующему параметру состояния объекта. Таким образом, сколько в данной системе функций безопасности, столько и универсальных модулей ввода-вывода.

Заявляемая система противоаварийной защиты работает следующим образом.

Сигнал с датчика (или группы датчиков) контроля параметра состояния контролируемого объекта, например датчика температуры (давления, загазованности и др.), по каналу связи поступает на входы специализированных модулей, основного и дублирующего универсального интеллектуального модулей ввода-вывода, преобразуется в цифровой формат и в цифровом виде передается на вход микропроцессора, УИМВВ. В памяти микропроцессора циклически выполняемая программа, реализующая функцию безопасности, анализирует сигналы датчиков и на основании их логической и математической обработки принимает управляющее решение о необходимости включения исполнительного устройства защиты. Сигнал включения защиты в цифровом виде поступает на специализированный модуль (UNIT) вывода и инициирует устройство защиты. Программы основного и дублирующего УИМВВ выполняются асинхронно и независимо друг от друга. Включение исполнительного устройства защиты инициирует тот УИМВВ, который первым обнаружит выполнение условий срабатывания функции безопасности, второй (это может быть как основной, так и дублирующий) УИМВВ с задержкой максимум на время цикла выполнения функции безопасности также выдает сигнал на исполнительное устройство. Исполнительное устройство защиты, подключенное параллельно к основному и дублирующему УИМВВ, приводится в активное положение и переводит технологический процесс в безопасное состояние.

Алгоритм выполнения функции безопасности составляется индивидуально для каждой функции на основании технических регламентов работы объекта. В конце каждого цикла выполнения функции безопасности и основной и дублирующий модуль передают в процессоры коммуникаций защит информацию о состоянии датчиков и исполнительных механизмов для передачи этой информации на устройство сигнализации исполнения защит. Функция сигнализации не является функцией безопасности.

Таким образом, создана новая архитектура системы ПАЗ, удовлетворяющая требованиям стандартов безопасности как для малоканальных, так и для многоканальных систем ПАЗ.

«Система противоаварийной защиты, содержащая датчик состояния контролируемого объекта, подключенный к системе ввода-вывода, соединенной с процессором, и соединенное с системой ввода-вывода исполнительное устройство защиты, отличающаяся тем, что система ввода-вывода выполнена в виде универсального интеллектуального модуля ввода-вывода, реализующего функцию контроля, по меньшей мере, одного параметра состояния контролируемого объекта и включающего микроконтроллер, по меньшей мере, один модуль ввода сигнала с датчика состояния контролируемого объекта на микроконтроллер и, по меньшей мере, один модуль вывода сигнала с микроконтроллера на соответствующее исполнительное устройство защиты, система противоаварийной защиты дополнительно снабжена, по меньшей мере, одним датчиком состояния контролируемого объекта, по меньшей мере, одним дублирующим универсальным интеллектуальным модулем ввода-вывода, реализующим функцию контроля, по меньшей мере, одного параметра состояния контролируемого объекта, выход дублирующего универсального интеллектуального модуля ввода-вывода соединен с исполнительным устройством защиты, выход дополнительного датчика состояния контролируемого объекта соединен с входом универсального интеллектуального модуля ввода-вывода, интерфейсные выходы которого посредством дублированных каналов связи соединены с процессором» [10].

Система по п.1, отличающаяся тем, что в качестве датчиков состояния используются датчики для вычисления и контроля одного параметра состояния контролируемого объекта.

Система по п.1, отличающаяся тем, что микроконтроллер универсального интеллектуального модуля ввода-вывода снабжен программным обеспечением, сконфигурированным с возможностью реализации функции контроля одного параметра состояния контролируемого объекта путем считывания значения

показания датчиков или значений показаний группы датчиков состояния контролируемого объекта, реализующих функцию контроля одного параметра состояния контролируемого объекта, определяющих входные переменные для функции безопасности, линеаризации и масштабирования считанных значений, вычисления значения контролируемого параметра безопасности, сравнения рассчитанного параметра с допустимым и/или предельно допустимым значением контролируемого параметра безопасности, в случае совпадения или превышения соответствующего параметра формирования предупредительного сигнала и/или сигнала управляющего воздействия.

2 Анализ производственных рисков на установке БК-2 производства изобутан-изобутиленовой фракции

2.1 Общая характеристика производства

Цех БК-2 предназначен для получения изобутан-изобутиленовой фракции путем каталитического дегидрирования изобутана с последующим разделением контактного газа методами охлаждения, компримирования, конденсации, абсорбции и ректификации.

Изобутан-изобутиленовая фракция применяется в производстве изопрена на заводе по производству изопрена, синтетических изопреновых каучуков и в производстве бутилкаучука АО "Тольяттисинтез".

Технологический процесс получения изобутан-изобутиленовой фракции состоит из следующих стадий: дегидрирование изобутана (прием, испарение и перегрев сырья), каталитическое дегидрирование на катализаторе, промывка и охлаждение контактного и дымового газов, выделение изобутан-изобутиленовой фракции (компримирование и конденсация контактного газа, абсорбция-десорбция углеводородов C_4 , ректификация изобутан-изобутиленовой фракции от легких и тяжелых углеводородов, получение холода $0^{\circ}C$ [11].

Производство изобутан-изобутиленовой фракции введено в эксплуатацию в 1980 году.

Проектная мощность 100 тыс. тонн в год изобутилена во фракции.

Мощность, достигнутая на момент составления технологического регламента – 105 тысяч тонн в год.

Процесс получения изобутан-изобутиленовой фракции разработан НИИМСК г. Ярославль. Проект выполнен Гипрокаучуком г. Москва [3].

Фракция изобутан-изобутиленовая представляет собой смесь легких углеводородов C_3 , изобутана, нормального бутана, изобутилена, нормальных бутиленов.

Фракция изобутан-изобутиленовая является промежуточным продуктом при получении изобутилена. Выпускается высшего и первого сортов. Применяется в качестве сырья для полиизобутилена, присадочных окталов, изооктана, каучука СКИ-ЗНТ и для других нужд народного хозяйства.

По физико-химическим показателям фракция изобутан-изобутиленовая должна соответствовать требованиям и нормам ТУ 38.30333-92 (с изменением № 1), указанным в таблице 1.

Таблица 4 – Физико-химические показатели изобутан-изобутиленовой фракции

Наименование показателя	Норма по сортам	
	высший	первый
Компонентный состав, % масс:		
легколетучие углеводороды до C ₃ включительно, не более	0,5	3,0
изобутилен, не менее	47,0	40,0
н-бутилены, не более	1,0	4,0
бутадиен-1,3, не более	0,1	0,3
углеводороды C ₅ и выше, не более	отс	0,3
Массовая доля свободной воды, %	отс	отс
Массовая доля общей серы, %, не более	0,01	0,01

Фракция изобутан-изобутиленовая по степени воздействия на организм относится к 4-ому классу опасности [12].

Предельно-допустимая концентрация (ПДК) паров изобутан-изобутиленовой фракции для воздуха рабочей зоны 100 мг/м³. При высоких концентрациях в воздухе изобутан-изобутиленовая фракция действует угнетающе на нервную систему, в малых концентрациях раздражает слизистые оболочки глаз и верхних дыхательных путей [13].

Местное действие жидкой фракции, попавшей на кожу, проявляется в обморожении за счет быстрого испарения продукта. Общее действие на

человека: острое отравление характеризуется общей слабостью, сонливостью, головной болью, шумом в ушах, ощущением опьянения.

Средство индивидуальной защиты – фильтрующий противогаз марки БКФ при объемной доле паров изобутан-изобутиленовой фракции в воздухе 0,5 %. При более высоких концентрациях – кислородно-изолирующий прибор. Фракция изобутан-изобутиленовая – горючий продукт.

Средства пожаротушения: пенный или углекислотный огнетушители, инертные газы, песок, водяной пар, асбестовое полотно [14]. Характеристика сырья, используемых в технологическом процессе представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристика сырья и энергоресурсов

Наименование сырья	Государственный или отраслевой стандарт, СТП, технические условия, регламент или методика на подготовку сырья	Регламентируемые показатели	Н о р - м а	Показатели по стандарту, обязательные для проверки
1	2	3	4	5
Фракция изобутановая	ТУ 0272-025-00151638-99 марка «А» с изменением № 1, 2	1. Массовая доля компонентов, %: сумма углеводородов C ₁ -C ₂ пропан, не более изобутан, не менее	не нормируется 1,5 97,0	Углеводородный состав Содержание свободной воды Массовая доля метанола (по требованию)

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
Изобутан-возврат-ректификат (дистиллат К-107 отделения И-3 цеха И-3-9)	Регламент производства холода и ректификации возвратного изобутана	Углеводородный состав, % масс: сумма нормального бутана и нормальных бутиленов тяжелый остаток	не регламентируется не более 0,2	Углеводородный состав Содержание свободной воды Массовая доля метанола (по требованию)
Катализатор ИМ-2201М	ТУ 38.103706-90 с изменением № 1,2,3	1. Внешний вид	Порошок серо-зеленого цвета	Массовая доля фракции мельче 71 мкм.
		2. Насыпная плотность, г/см ³	1,0-1,4	Насыпная плотность
		3. Массовая доля фракции менее 71 мкм, %, не более 4. Механическая прочность, %, не менее 5. Удельная поверхность, м ² /г	35 73 30-60	Каталитические свойства: -выход непредельных углеводородов С ₄ на пропущенный изобутан, -выход непредельных углеводородов С ₄ на разложенный изобутан

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
		6. Каталитические свойства:		
		-выход непредельных углеводородов C ₄ на пропущенный н-бутан, %, не менее	41	
		- выход непредельных углеводородов C ₄ на разложенный н-бутан, %, не менее	81	
Катализатор ИМ-2201 отработанный	ТУ 2173-045-48158319-2006	1. Внешний вид 2. Насыпная плотность, г/см ³ 3. Массовая доля окиси алюминия Al ₂ O ₃ , %, не менее 4. Массовая доля влаги, %, не более 5. Массовая доля CrO ₃ , %, не более	Порошок серо-зеленого цвета 1,0-1,5 70,0 2,0 0,6	Внешний вид Насыпная плотность Массовая доля окиси алюминия Al ₂ O ₃ Массовая доля влаги Массовая доля CrO ₃
Абгаз	Настоящий регламент	1. Массовая доля компонентов, %:		Полный состав, % масс.

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
		- азот, не более	20,0	
		-сумма углеводородов C ₄ , не более	6,0	
Контактный газ дегидрирования изобутана	Настоящий регламент	1. Массовая доля изобутилена, %, не менее	36,0	Полный состав, % масс.
		2. Массовая доля суммы легких углеводородов до C ₃ включительно, %, не более	13,0	Вес одного литра
Газ природный	Процедура функции ПрФ – 08 - 07	1. Давление, ати, не менее	5,0	
Азот	Процедура функции	1. Объемная доля азота, %, не менее	99,95	Содержание азота
	ПрФ – 08-07	2. Давление, ати,, не менее	4,5	Температура точки росы
		3. Точка росы, °С, не более	минус 60	
Инертный газ	Процедура функции ПрФ – 08 - 07	1. Объемная доля кислорода, %, не более	3,0	
		2. Давление, ати, не менее	5,0	

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
		3. Точка росы, °С, не более	минус 30	
Фракция пропанова я	ТУ 0272-023- 00151638-99 Марка «А»	1. Массовая доля компонентов, %:		Углеводородн ый состав
		- сумма углеводородов C ₁ и C ₂ , не более	2,0	Содержание свободной воды
		- сумма углеводородов C ₃ , не менее	96,0	
		в т.ч. пропилена, не более	0,2	
		- сумма углеводородов C ₄ и выше, не более	3,0	
		- сумма углеводородов C ₅ и выше, не более	отс	
		2. Массовая доля сероводорода, %, не более	0,003	
		3. Содержание свободной воды и щелочи	отс	
Бутан- бутиленов ая фракция	Регламент производства ДВМ	Углеводородный состав, % масс.:		
		- н-бутиленов, не более	20	
		-углеводородов C ₅ и выше, не более	0,5	

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
Пар 13 ати	Процедура функции ПрФ – 08 - 07	1. Давление, ати, не менее	9,0	Давление Температура
		2. Температура, °С, не менее	255	
Пар 20 ати	Процедура функции ПрФ – 08 - 07	1. Давление, ати, не менее	17,0	Давление Температура
		2. Температура, °С, не менее	255	
Паровой конденсат	Инструкция О-18 « По возврату парового конденсата на Тольяттинскую ТЭЦ»	1. Жесткость общая, мкгэкв/л, не более	5	Жесткость. Содержание: - железа,
		2. Содержание соединений железа, мкг/л, не более	70	- кремниевой кислоты, - нефтепродуктов
		3. Содержание кремниевой кислоты, мкг/л, не более	120	Перманганатная окисляемость. рН
		4. Содержание нефтепродуктов, мг/л, не более	0,5	Солесодержания. Щелочность
		5. Перманганатная окисляемость, мг/л, не более	1,0	
		6. Величина рН	8,5-9,5	

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4
		7. Солесодержание, мкСМ/см, не более	8
		8. Щелочность общая, мкг экв/л, не более	85
Вода умягченная	Процедура функции ПрФ – 08 - 07	1. Жесткость общая, мг · экв/л, не более 2. Давление, ати, не менее	0,07 4,0
Вода обратная	Процедура функции ПрФ – 08 - 07	1. Давление прямой, ати, не менее	4,2
		2. Температура прямой воды, °С:	
		- летом, не более	25
		- зимой, не более	21
Воздух КИПиА	Процедура функции ПрФ – 08 - 07	1. Давление, ати, не менее 1. Точка росы, °С, не более	5,0 минус 40
Воздух технологический	Процедура функции ПрФ – 08 - 07	1. Давление, ати,	не регламентируется

Продолжение таблицы 4

Воздух технологический	Процедура функции ПрФ – 08 - 07	1. Давление, ати, Точка росы, °С, не более	не регламентируется минус 40
Электроэнергия	Процедура функции ПрФ – 08 - 07	1. Напряжение Частота, Гц	50 + 0,1

Процесс дегидрирования изобутана протекает при температуре 530-600°C, давлении не выше 0,65 кгс/см², в «кипящем» слое алюмохромкалиевого катализатора ИМ-2201М или ИМ-2201 [15].

Изобутановая фракция (сырец) и изобутановая фракция (возврат) отдельными потоками из отделения Д-1а поступают в цех БК-2. После смешения потоков изобутановая фракция (шихта) поступает в сепаратор О-2. Уровень в сепараторе О-2 поддерживается в пределах 30-80% регулятором поз. 8007, клапан которого установлен на линии подачи изобутана-возврата на входе в цех. Подача изобутана-сырца выдерживается регулятором расхода поз. 8001, клапан которого расположен на линии изобутана-сырца на входе в цех.

Из сепаратора О-2 шихта поступает в испарители Т-3/І,ІІ, где испаряется водяным паром, подаваемым в межтрубное пространство испарителей. Давление паров углеводородов в испарителях Т-3/І, Т-3/ІІ выдерживается в пределах от 2,0 до 8,0 кгс/см² регулятором давления поз. 8056, клапан которого установлен на линии подачи пара в межтрубное пространство испарителей. Пары углеводородов после отделения от капель унесенной жидкости в сепарирующей части аппарата О-2 направляются в закалочные змеевики реактора, где нагреваются до температуры 200-300°C, охлаждая при этом выходящий из «кипящего» слоя реактора контактный газ, предотвращая крекинг целевого продукта. Из закалочных змеевиков реактора пары

углеводородов направляются в трубчатую печь П_ч-4/І-ІІ, где перегреваются до температуры 450-570°С дымовыми газами, образующимися за счет сгорания природного газа, абгаза. Природный газ, абгаз проходит сепаратор О-87 и подогреватель Т-102 перед подачей в печь, где отделяется влага.

Имеется возможность в перегревательные печи П_ч-4/І,ІІ на сгорание подавать пары бутан-бутиленовой фракции (ББФ) цеха Д-1, при этом смешивая их с абгазом.

Жидкая бутан-бутиленовая фракция (ББФ) из цеха Д-1 поступает непрерывно в трубную часть испарителя Т-101. Уровень в испарителе Т-101 поддерживается в пределах 10-35% регулятором уровня поз. 8086, клапан которого установлен на линии подачи фракции в аппарат Т-101. Из цехового коллектора в межтрубное пространство испарителя Т-101 подается водяной пар для испарения ББФ.

Давление паров в испарителе поддерживается в пределах 2,5-5,0 ати регулятором давления поз. 8087, клапан которого расположен на линии подачи пара в испаритель. Температура паров после испарителя замеряется прибором поз. 7079.

Паровой конденсат из аппарата Т-101 отводится в емкость Е-23.

Пары ББФ из аппарата Т-101 вместе с парами абгаза поступают в сепаратор О-87 для отделения жидкости и направляются в трубное пространство подогревателя Т-102. За счет подачи водяного пара в межтрубное пространство аппарата Т-102 пары ББФ и абгаза дополнительно перегреваются и подаются в качестве топлива в вихревые горелки печей П_ч-4/І,ІІ.

Стекающему вниз по 10 секционированным решеткам катализатору, находящемуся в псевдосжиженном состоянии. При контакте с катализатором происходит дегидрирование изобутана. Процесс дегидрирования идет с поглощением тепла, которое подводится с парами сырья из печи и катализатором, поступающим из регенератора Р-14.

Контактный газ, пройдя двухступенчатые циклоны, расположенные в верхней части реактора, очищается от катализаторной пыли, увлекаемой

контактным газом, и направляется в трубную часть котла-утилизатора Т-7, где охлаждается за счет испарения водяного конденсата, подаваемого в межтрубное пространство котла-утилизатора. Схемой предусмотрена подача паров ББФ и абгаза, минуя сепаратор О-87 или подогреватель Т-102.

Во время работы в испарителе Т-101 может происходить накопление тяжелых углеводородов и воды, о чем говорит увеличение расхода пара в аппарат Т-101 и снижение давления ББФ на выходе из аппарата Т-101. В этом случае тяжелые углеводороды и вода периодически выводятся из испарителя в скруббер С-8. Для защиты испарителя Т-101 от завышения давления установлены предохранительные клапаны, сброс от которых производится в емкость Е-37 и далее на факел. Для исключения аварийных ситуаций при ведении технологического процесса предусмотрена предупредительная сигнализация завышения уровня в Е-37.

Имеется возможность подавать пары изобутана в печь П_ч-4 помимо закалочных змеевиков.

Температура перегрева паров углеводородов в печи П_ч-4 регулируется количеством подаваемого природного газа, ББФ, абгаза к горелкам печи через клапаны-регуляторы поз. 8016 в пределах 450-570 °С на левую и правую стороны печи.

Давление природного газа, ББФ или абгаза к горелкам печей П_ч-4 поддерживается регуляторами, клапаны которых поз. 8004, поз. 8086, поз. 8005 расположены на линии природного газа, ББФ или абгаза в цех. При снижении давления природного газа, ББФ или абгаза на входе в печь П_ч-4 до 0,5 кгс/см² срабатывает блокировка (прекращается подача природного газа, ББФ или абгаза в печь П_ч-4, закрываются клапаны-отсекатели поз. 9006).

Образовавшийся при сгорании природного газа, ББФ или абгаза дымовой газ омывает радиантный и конвекционный змеевики печи П_ч-4 и, нагревая проходящие по змеевикам пары изобутана, через боров печи и трубу выбрасывается в атмосферу. В радиантную часть печи подается пар для

продувки внутреннего пространства печи перед ее розжигом. В линию сырья подается ингаз для продувки змеевиков печи перед пуском.

В целях утилизации вредных выбросов в атмосферу и охраны окружающей среды к каждой горелке печей П_ч-4 подводится отработанный воздух от сушилок цеха БК-6. При этом загрязненный воздух поступает в ресивер А-752, где отделяется от капель воды и вентилятором № 753 подается к горелкам. Вода из ресивера периодически сливается в ХЗК.

Предусмотрена возможность подключения второй печи П_ч-4 неработающего блока для перегрева паров изобутана и подачи их по перемычке в один реактор. В этом случае пары изобутана после змеевиков заделки работающего блока по перемычке подаются на печи П_ч-4/І, 4/ІІ, откуда после перегрева до заданной температуры, поступают в реактор Р-5 работающего блока через распределитель сырья, расположенного внизу реактора, под «кипящий» слой катализатора.

В цехе имеются два реакторных блока. В работе находится один.

В реакторе Р-5 пары изобутана поднимаются.

При прохождении контактного газа через котел-утилизатор Т-7 мелкодисперсная катализаторная пыль оседает на стенках трубок котла, что снижает теплопередачу и вызывает завышение температуры газа. Для очистки трубок котла от катализаторной пыли имеется возможность подавать горячий катализатор из линии перетока в поток контактного газа в головку котла-утилизатора Т-7.

Из котла-утилизатора Т-7 контактный газ поступает в скруббер С-8, орошаемый водой, для отмывки от катализаторной пыли и охлаждения до заданной температуры, после чего направляется в цех БК-3.

Водяной конденсат, подаваемый в котел-утилизатор из емкости Е-23 насосом Н-22 через паросборник № 80, в результате утилизации тепла контактного газа испаряется с образованием вторичного пара с давлением до 12 кгс/см² и используется на технологические нужды в цехах БК-2, БК-3.

Скруббер С-8 разделен глухой тарелкой на 2 каскада: нижний – с 4-мя тарелками и верхний – с 10-ю тарелками. В нижнем каскаде происходит отмывка от катализаторной пыли за счет циркуляции воды, забираемой с низа скруббера насосом Н-9 и подаваемой под глухую тарелку. В циркулирующей по нижнему каскаду скруббера воде происходит накопление катализаторного шлама, поэтому часть воды из нижней части скруббера постоянно выводится на осаждение шлама в отстойник Е-32. Отстоявшийся шлам выводится на полигон захоронения.

Для дополнительного охлаждения контактного газа в скруббере С-8 имеется возможность подачи шламовой воды насосом Н-9 по нижнему каскаду через холодильник Т-21б.

Имеется возможность принимать в нижнюю часть скруббера С-8 углеводородную воду из Е-415а цеха БК-3 и метанольную воду из цеха БК-5.

В верхнем каскаде скруббера контактный газ охлаждается за счет циркуляции воды насосом Н-10, забираемой с глухой тарелки, и через холодильники Т-21, Т-21а, подаваемой в верхнюю часть скруббера.

Для улучшения отмывки контактного газа от катализаторной пыли и его охлаждения при работе блока на высоких нагрузках имеется возможность подачи контактного газа параллельно во второй скруббер С-8 резервного блока.

Осветленная вода из отстойника Е-32 самотеком сливается в емкость Е-68, откуда насосом Н-69 направляется в линию всаса насоса Н-10. Уровень в скруббере С-8 поддерживается регулятором поз. 8031, клапан которого установлен на линии подачи осветленной воды от насоса Н-69 в линию всаса насоса Н-10, работающему по верхнему каскаду скруббера С-8.

Для предотвращения завышения давления в реакторе выше установленного предела на линии контактного газа перед скруббером С-8 установлен проточный гидрозатвор Пн-96 и сепаратор гидрозатвора О-97.

При завышении давления выше $0,65 \text{ кгс/см}^2$ газ через гидрозатвор сбрасывается на факел.

Транспорт катализатора из регенератора в реактор осуществляется по U-образной переточной трубе за счет подачи в различные точки переточной линии паров углеводородов после змеевиков закалки или ингаза.

Для равномерного распределения катализатора по сечению в реакторе, под змеевиками закалки, установлен отбойник, из которого катализатор поступает на верхнюю секционирующую решетку.

Температура середины кипящего слоя (не более 600°C) регулируется регулятором поз. 8010, клапан которого установлен на линии подачи газа, подаваемого на транспорт катализатора, путем изменения количества циркулирующего катализатора и степени открытия заслонок на линии транспорта.

В процессе дегидрирования изобутана кроме основной реакции протекают побочные, одной из которых является реакция глубокого разложения изобутилена до углерода. Углерод (кокс), отлагаясь на поверхности и в порах катализатора, снижает его активность. Для восстановления активности катализатора проводится его регенерация в регенераторе Р-14, куда катализатор поступает по переточной линии из нижней части реактора через стриппингующий (десорбирующий) стакан реактора, куда подается ингаз для удаления с поверхности катализатора адсорбированных углеводородов. В стакане реактора вокруг транспортной трубы установлена защитная гильза, в которую подается ингаз (поз. 8012) для предотвращения образования кокса вокруг транспортной трубы.

Транспортировка катализатора из реактора в регенератор осуществляется за счет разности давления и за счет подачи ингаза и воздуха в различные точки переточной линии. Катализатор, поступающий в верхнюю часть регенератора в псевдосжиженном состоянии, стекает по 7 секционирующим решеткам навстречу потоку воздуха, подаваемому в нижнюю часть регенератора через распределительное устройство.

В регенераторе происходит сложный процесс восстановления активности катализатора. Он складывается из трех стадий: выжиг кокса, окисление

катализатора и восстановление катализатора. Выжиг кокса, окисление 3-х валентного хрома, содержащегося в катализаторе, до 6-ти валентного, поддержание катализатора в «кипящем» состоянии, а также поддержание горения топлива осуществляется с помощью воздуха, подаваемого от воздухонагнетателя Вн-15 под распределительную решетку регенератора.

Тепла, выделяемого при сгорании кокса, недостаточно для обеспечения необходимой температуры катализатора, поэтому в регенератор подается природный газ. Для сжигания природного газа предназначены 3 газовые форсунки и 3 комбинированные, установленные в нижней части регенератора над распределительной решеткой. Температура кипящего слоя катализатора в регенераторе регулируется регулятором поз. 8019, клапан которого расположен на линии подачи природного газа в форсунки регенератора.

При снижении давления природного газа ниже 1 кгс/см^2 или снижении уровня катализатора в регенераторе ниже газовых форсунок автоматически прекращается подача природного газа в форсунки. При падении давления воздуха после воздухонагнетателя Вн-15 до $0,7 \text{ кгс/см}^2$ автоматически прекращается подача природного газа в регенератор (в газовые форсунки и в восстановительный стакан).

Уровень катализатора в регенераторе регулируется регулятором поз. 8020, клапан которого расположен на линии подачи воздуха и ингаза на транспорт катализатора. В нижней части регенератора установлен восстановительный стакан, переходящий в переточную линию. В стакане имеется два маточника, в которые подается ингаз или природный газ.

Регенерированный и окисленный катализатор поступает в восстановительный стакан регенератора, где за счет подаваемого газавосстановителя – природного газа происходит восстановление катализатора – переход 6-ти валентного хрома в 3-х валентный. Расход природного газа на восстановление катализатора в пределах не менее $100 \text{ м}^3/\text{час}$ регулируется регулятором поз. 8057, клапан которого установлен на линии природного газа в восстановительный стакан регенератора.

Десорбция продуктов восстановления из пор катализатора осуществляется ингазом, подаваемым в нижний маточник восстановительного стакана регенератора. Расход ингаза на десорбцию регулируется в пределах 60-100 м³/час регулятором поз. 8058, клапан которого установлен на линии ингаза в восстановительный стакан регенератора.

Газы регенерации, образующиеся в результате сгорания кокса, топлива, в результате восстановления катализатора проходят две ступени циклонов, расположенных в верхней части регенератора, где отделяется катализаторная пыль. Уловленная в циклонах катализаторная пыль по мере накопления через стояки циклонов ссыпается на верхнюю решетку регенератора. Далее газы регенерации поступают в котел-утилизатор Т-16, где охлаждаются за счет испарения водяного конденсата, подаваемого в межтрубное пространство котла-утилизатора из емкости Е-23 насосом Н-22 через паросборник О-81. При прохождении газа регенерации через котел-утилизатор Т-16 мелкодисперсная катализаторная пыль оседает на стенках трубок котла, что снижает теплопередачу и вызывает завышение температуры газа. Для очистки трубок котла от катализаторной пыли имеется возможность подачи небольшого количества горячего катализатора из линии перетока в поток газа регенерации в головку котла-утилизатора Т-16. Пар из паросборника О-81 поступает через регулятор давления в коллектор вторичного пара для использования его на технологические нужды в цехах БК-2 и БК-3. Давление пара в коллекторе после паросборников О-80 и О-81 выдерживается регулятором поз. 8074, клапан которого установлен на линии подачи пара в цех БК-3. Уровни конденсата в паросборниках О-80, О-81 поддерживаются с помощью регуляторов, клапаны которых установлены на линиях подачи конденсата в паросборники (поз. 8023, 8055).

В емкость Е-23 поступает конденсат из заводской сети и из цехов БК-2, БК-3. Уровень в емкости поддерживается в пределах 30-80% регулятором поз. 8033, клапан которого установлен на линии подачи конденсата из сети. При

падении уровня в емкости Е-23 до 20% производится автоматическая подача умягченной воды в емкость.

Из котлов-утилизаторов Т-16 газы регенерации поступают в скруббер С-17, где происходит их охлаждение и полная очистка от катализаторной пыли. После скруббера С-17 газы регенерации сбрасываются в атмосферу. Для предотвращения завышения давления в регенераторе на линии газов регенерации установлен гидрозатвор Пн-88 со столбом воды 6,5 м. Сброс газов регенерации после гидрозатвора производится в атмосферу через скруббер С-17.

На реакторных блоках № 1,2 дымовой газ из котла-утилизатора Т-16/І,ІІ разделяется на два потока: часть дымового газа поступает в скруббер С-17/І,ІІ, а второй поток направляется в холодильник Т-16а/ІІ, где охлаждается конденсатом водяного пара и направляется в скруббер С-17/І,ІІ, а затем выбрасывается в атмосферу общим потоком через дымовую трубу.

Конденсат на охлаждение дымового газа из емкости Е-23 насосом Н-55 подается в межтрубное пространство холодильника Т-16а/ІІ, где нагревается и направляется в межтрубное пространство испарителя Т-3/ІІ, в котором за счет испарения жидкого изобутана охлаждается и направляется в емкость Е-23.

Скруббер С-17 орошается по двум каскадам охлаждающей водой. Циркуляция воды в скруббере С-17 по нижнему каскаду осуществляется одним из насосов Н-29, часть воды при этом отводится в аппарат Е-49, Е-32/І, для отстоя от катализаторного шлама. По верхнему каскаду циркуляция осуществляется одним из насосов Н-29.

Осветленная вода с верха отстойников Е-49, Е-32/І сливается в емкость Е-47, откуда насосом Н-48 подается на всас насоса Н-29 по верхнему каскаду.

Катализаторный шлам с низа отстойников Е-49, Е-32/І периодически вывозится в специальное хранилище.

Восполнение потерь катализатора в системе производится из бункеров Е-19/І,ІІ,ІІІ. Два бункера Е-19/І и Е-19/ІІ в основном служат для приема и хранения свежего катализатора, а бункер Е-19/ІІІ – для отработанного.

Свежий катализатор поставляется в цех в железнодорожных цистернах, из которых направляется в бункеры Е-19/І,ІІ с помощью пневмотранспорта.

Из бункера Е-19/І,ІІ,ІІІ катализатор транспортируется в регенератор за счет подачи в линию транспорта воздуха от воздухонагнетателя Вн-15 или технического из заводской магистрали.

Для разогрева реакторного блока при пуске до 400-450°С в регенератор Р-14 подаются дымовые газы, получаемые в топке под давлением Т-20.

В камере сгорания топки расположена газовая форсунка, в которую подается природный газ. Температура дымовых газов регулируется в пределах 200-650°С регулятором поз. 8021, клапан которого расположен на линии подачи природного газа в топку Т-20.

Подача природного газа в топку Т-20 сблокирована с подачей воздуха от воздухонагнетателя Вн-15 и с давлением природного газа. При снижении давления природного газа ниже 0,5 кгс/см² или воздуха после воздуходувки до 0,7 кгс/см² прекращается подача природного газа в топку Т-20, закрывается клапан-отсекатель поз.9007.

После разогрева системы производится загрузка катализатора в регенератор и разогрев его до 370-400°С. При появлении уровня катализатора в регенераторе Р-14 налаживается переток катализатора в реактор Р-5 и их параллельный нагрев.

Нагрев катализатора в регенераторе до температуры 600-650°С осуществляется за счет сжигания дизельного топлива, подаваемого в жидкостные форсунки регенератора из емкости Е-24 насосом Н-25.

При температуре катализатора 600-650°С обогрев регенератора переводится на природный газ, дизельное топливо отключается.

Углеводороды, стравливаемые предохранительными клапанами из аппаратов О-87, Т-102, сбрасываются в емкость Е-37 и далее на факел. В аварийном случае имеется возможность стравливания углеводородов из емкости Е-37 в атмосферу. Углеводороды, стравливаемые по линии ручного стравливания и предохранительными клапанами из аппаратов О-2, Т-3

направляются в емкость Е-40. Жидкие углеводороды из емкостей Е-37,Е-40 подаются насосами Н-53,Н-54 в скруббер С-8. Газообразные углеводороды из емкостей Е-37,Е-40 сбрасываются через емкость Е-11 на факел.

Для предотвращения подсоса воздуха в линию факела, в случае прекращения газовых выбросов, в нее предусмотрена подача абгаза или природного газа. Расход абгаза (природного газа) регулируется автоматически регулятором поз. 8090, клапан которого расположен на линии абгаза, природного газа в факельную линию.

Подача абгаза (природного газа) на поддув линии факела заблокирована с подачей ингаза. При снижении количества абгаза (природного газа) ниже 120 м³/час в линию факела автоматически начинается подача ингаза.

Для сбора стоков от сальников насосов цеха БК-2 предусмотрена заглубленная емкость Е-59, освобождение которой производится давлением ингаза в емкость Е-33/1, откуда самотеком в емкость Е-47.

Для сбора ливневых стоков (снежных, дождевых) установлена заглубленная емкость Е-104, освобождение которой производится самовсасывающим автобойлером и вывозится на полигон захоронения.

Очистка стенок аппаратов от катализаторной пыли перед ремонтом производится с помощью установки вакуумной очистки, которая состоит из вакуум-насоса Н-107 и бункера с циклоном Е-105. Катализатор из застойных зон, тупиков отсасывается с помощью вакуума, создаваемого вакуум-насосом Н-107 в бункер Е-105, откуда вывозится на полигон захоронения [16].

При отклонении технологических параметров (давления, уровня, температуры) в аппаратах от заданных значений и для предотвращения аварийных ситуаций предусмотрены звуковая, световая сигнализации и автоматические блокировки.

Предусмотрено автоматическое прекращение подачи абгаза и природного газа на вводе в цех электрозадвижками № 11, 12 и автоматическое открытие электрозадвижки № 2 на линии ингаза в линию сырья, световая и звуковая

сигнализация при снижении давления воздуха КИП на приборы ниже 1,0 кгс/см² (поз. 6052).

Предусмотрено паротушение перегревательных печей П_ч-4/І,ІІ. Установленные на линии пара электрозадвижки управляются дистанционно со щита управления в операторной и параллельно кнопками, расположенными у печей П_ч-4/І,ІІ [17].

Контактный газ цеха БК-2 с давлением не выше 0,4 кгс/см² и температурой не выше 50°С, представляющий собой смесь продуктов дегидрирования изобутана, поступает в цех БК-3 для выделения из него изобутан-изобутиленовой фракции.

2.2 Основные опасности производства

На стадии дегидрирования изобутана существуют нормы технологического режима, обеспечивающие безопасное ведение технологического процесса, представленные в таблице 5.

Таблица 5 - Нормы технологического режима и метрологическое обеспечение

№ № п/ п	Наименование стадий процесса, аппараты, показатели режима	Номер позиции прибора по схеме	Един ица измер ения	Допуска емые пределы техноло гически х парамет ров	Треб уемы й класс точн ости изме рите льны х приб оров	Способы и средства, исключаю щие выход параметров за установлен ные пределы
1	2	3	4	5	6	7

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7
1	Перегрев паров углеводородов в печи Пч-4: - температура изобутана на выходе	9150 8016	°С	450-570	1,5	Визуальный контроль Регулирование Сигнализация
	- температура свода	9150	°С	550-850	1,5	Регистрация
	- температура в борове	9150	°С	350-400	1,5	Регистрация
	- давление паров изобутана на входе в змеевик		кгс/с м ²	2-6	2,5	Визуальный контроль
2	Дегидрирование углеводородов в реакторе Р-5: -подача изобутановой фракции на блок	8002	т/час	21-40	3,0	Регулирование
	- температура середины кипящего слоя катализатора	8010	°С	530-600	2,5	Регулирование Сигнализация
	- давление верха	6047	кгс/с м ²	0,2 – 0,65	1,5	Регистрация
	- уровень слоя катализатора на 10-ой решетке	6028	% шкалы прибора	не более 80	1,5	Регистрация

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7
3	- выход изобутилена на пропущенный изобутан	-	%	не менее 36,0		Аналитически
	- выход изобутилена на разложенный изобутан	-	%	не менее 80,0		Аналитически
	Регенерация катализатора в регенераторе Р-14: - температура	8019	°С	620-650	2,5	Регулирование Сигнализация
	- давление верха	6099	кгс/с м ²	0,2 – 0,65	1,5	Регистрация
	- содержание кислорода в дымовых газах		%	не менее 3,0		Аналитически
	- уровень слоя катализатора на 7-ой решетке	6019	% шкалы прибора	20-80	1,5	Регистрация Блокировка
4	Подача ингаза на десорбцию продуктов восстановления:	8058	м ³ /час	60-100	3,0	Регулирование
5	Подача природного газа на восстановление в стакан	8057	-//-	не менее 100	3,0	Регулирование

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7
6	Промывка и охлаждение контактного газа: - температура на выходе из скруббера С-8	9150	°С	30-50	1,5	Визуальный контроль
7	Обеспыливание дымовых газов: - содержание катализаторной пыли в дымовых газах после скруббера С-17		г/сек	не более 0,228		Аналитически
8	Утилизация тепла в котлах-утилизаторах Т-7, 16:					
9	Разогрев системы при пуске: - температура дымового газа на выходе из топки Т-20	8021	°С	200-650	1,5	Регулирование Сигнализация
10	Разогрев катализатора в регенераторе Р-14 перед пуском: - температура катализаторного слоя при начале подачи дизельного топлива в регенератор	9152	°С	370-400	1,5	Визуальный контроль
	- температура катализатора при подаче газового топлива в регенератор	9152	°С	600-620	1,5	Визуальный контроль

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7
11	Выгрузка катализатора из системы в бункеры E-19 при остановке: - температура катализатора	9152	°C	не более 350	1,5	Визуальный контроль
12	Давление паров бутан-бутиленовой фракции после испарителя T-101	8087	кгс/с м ²	2,5-5,0	1,5	Регулирование Сигнализация
	Температура паров ББФ после T-101	7079	°C	40-120	1,5	Показание

Для обеспечения безопасности на производстве изобутан-изобутиленовой фракции установка оснащена приборами КИПиА со следующим перечнем сигнализаций и блокировок, обеспечивающих безопасность технологического процесса, представленных в таблице 6.

Таблица 6 – Перечень блокировок и сигнализаций

Наименование параметров	Номер позиции, предел измерения	Величина уставки в единицах измеряемого параметра		Величина уставки в единицах шкалы прибора				Перечень противоаварийных воздействий ПАЗ
		min	max	блокировка		сигнализация		
				min	max	min	max	

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Давление воздуха КИП на вводе в цех	6052 0-10 кгс/с м ²	1,2 кр- 1,2 кгс/ см ²	-	0, 2 9 6	-	0,2 96	-	Закрываются электрозадвижки № 10/I, 10/II на линии изобутана-сырца и изобутана-возврата на вводе в цех и №11, №12 на линиях природного газа и абгаза на вводе в цех, открывается электрозадвижка №26/I,II на линии ингаза в линию сырья. Включается световая и звуковая сигнализация
Давление природного газа в регенератор Р-14	6130а 0-10 кгс/с м ²	1,0 кр- 1,0 кгс/ см ²	-	0, 2 8	-	0,2 8	-	Закрываются задвижки № 6 на линии природного газа в форсунки регенератора, № 13 на линии природного газа на восстановление, включается световая и звуковая сигнализация

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Давление абгаза (природного газа) в печь Пч-4	9006 0-6 кгс/см ²	0,5 кр- 0,5 кгс/ см ²	-	0, 2 6 6	-	0,2 66	-	Срабатывают клапаны-отсекатели 9006, световая и звуковая сигнализация
Давление природного газа в топку Т-20	9007 0-6 кгс/см ²	0,5 кр- 0,5 кгс/ см ²	-	0, 2 6 6	-	0,2 66	-	Срабатывает клапан-отсекатель 9007, световая и звуковая сигнализация
Давление масла на подшипники воздухонагнетателя Вн-15	- 0-1,6 кгс/см ²	0,2 5 0,3 5	-	0, 3 2 5 0, 3 7 5	-	0,3 25 0,3 75	-	При давлении 0,25 кгс/см ² останавливается главный электродвигатель. При давлении 0,35 кгс/см ² включается пусковой маслонасос. Световая и звуковая сигнализация.
Расход абгаза (природного газа) на поддув линии факела	8090 424,4 м ³ /час	100	-	0, 2 4 4	-	0,2 44	-	При снижении расхода абгаза (природного газа) ниже 100 м ³ , открывается электро-задвижка № 23 на линии ингаза

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Давление масла на регуляторы воздухонагнетателя Вн-15	- 0-10 кгс/см ²	4,2 кр- 4,2 кгс/ см ²	5,0	0, 5 3 6	0,6	0,5 36	0, 6	При давлении 4,2 кгс/см ² включается пусковой маслонасос. При давлении 5,0 кгс/см ² выключается пусковой маслонасос, срабатывает световая и звуковая сигнализация
Температура подшипников воздухонагнетателя Вн-15	- 0- 150°С	- - -	65 72 кр- 72° С	- - -	- 72	- -	6 5 7 2	При температуре 65°С включается звуковая сирена, световое табло. При температуре 72°С останавливается главный электродвигатель, срабатывает световая и звуковая сигнализация
Уровень конденсата (т.о. 150 мм от низа аппарата) в емкости Е-23	8033 1600 мм	50 % 800 кр- 100 0 мм	80 % 12 80	0, 6	-	0,6	0, 8 4	Открывается электрозадвижка № 5 на линии умягченной воды в емкость № 23 при понижении уровня до 800 мм

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
								соответствующего 0,5 объема, включается световая и звуковая сигнализация
Давление воздуха КИП регулируемого на вводе в цех	8068 0-2,5 кгс/см ²	1,2	1,5	-	-	0,5 84	0, 6 8	Звуковая и световая сигнализация
Давление природного газа на вводе в цех	6010 0-10 кгс/см ²	2,5	6,0	-	-	0,4	0, 6 8	Звуковая и световая сигнализация
Давление прямой воды на вводе в цех	6044 0-6 кгс/см ²	2,0	-	-	-	0,4 67	-	Звуковая и световая сигнализация
Давление абгаза на вводе в цех	6045 0-10 кгс/см ²	2,5	-	-	-	0,4	-	Звуковая и световая сигнализация
Давление ингаза на вводе в цех	6046 0-10 кгс/см ²	3,0	-	-	-	0,4 4	-	Звуковая и световая сигнализация
Давление изобутана-возврата на вводе в цех	6050 0-25 кгс/см ²	10, 0	-	-	-	0,5 2	-	Звуковая и световая сигнализация
Давление газа природного после регулирующего клапана на вводе в цех	8004 0-10 кгс/см ²	2,5	-	-	-	0,4	-	Звуковая и световая сигнализация
Давление ингаза на вводе в цех после регулирующего клапана	8006 0-10 кгс/см ²	3,0	-	-	-	0,4 4	-	Звуковая и световая сигнализация

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Давление пара на вводе в цех после регулятора	6001 0-10 кгс/см ²	2,5	6,0	-	-	0,4	0,68	Звуковая и световая сигнализация
Давление паров сырья в сепараторе О-2	8056 0-10 кгс/см ²	-	8,0	-	-	-	0,84	Звуковая и световая сигнализация
Давление пара на вводе в цех после клапана	8051 0-10 кгс/см ²	2,5	-	-	-	0,4	-	Звуковая и световая сигнализация
Давление верха реактора Р-5	6047 0-1,0 кгс/см ²	-	0,65	-	-	-	0,65	Звуковая и световая сигнализация
Давление верха регенератора Р-14	6099 0-1,0 кгс/см ²	-	0,65	-	-	-	0,65	Звуковая и световая сигнализация
Температура стенок реактора Р-5	7046 °С	-	250	-	-	-	250	Звуковая и световая сигнализация
Температура стенок регенератора Р-14	7047 °С	-	250	-	-	-	250	Звуковая и световая сигнализация
Температура сырья на выходе из печи Пч-4	8016 °С	-	570	-	-	-	570	Звуковая и световая сигнализация
Температура в реакторе Р-5	8010 °С	-	590	-	-	-	590	Звуковая и световая сигнализация
Температура в регенераторе Р-14	8019 °С	610	650	-	-	610	650	Звуковая и световая сигнализация
Температура на выходе из топки Т-20	8021 °С	-	650	-	-	-	650	Звуковая и световая сигнализация

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Температура конденсата на сбросе в ПЛК	8071 °C	-	30	-	-	-	3 0	Звуковая и световая сигнализация
Уровень в емкости Е-11	5085 1000 мм	-	20 % 20 0	-	-	-	0, 3 6	Звуковая и световая сигнализация
Уровень кипящего слоя на 10-й решетке (т.о. 18500 мм) в реакторе Р-5	6028 1600 мм	-	80 % 12 80	-	-	-	0, 8 4	Звуковая и световая сигнализация
Уровень (т.о. 150 мм) в емкости Е-37	5037 2000 мм	-	20 % 40 0	-	-	-	0, 3 6	Звуковая и световая сигнализация
Уровень (т.о. 150 мм) в емкости Е-40	5064 2000 мм	-	20 % 40 0	-	-	-	0, 3 6	Звуковая и световая сигнализация
Уровень (т.о. 150 мм) в емкости Е-87	5055 1000 мм	-	20 % 20 0	-	-	-	0, 3 6	Звуковая и световая сигнализация
Уровень (т.о. 300 мм) в емкости Е-104	5065 1875 мм	-	80 % 15 00	-	-	-	0, 8 4	Звуковая и световая сигнализация
Уровень (т.о. 400 мм) в емкости Е-68	8054 2000 мм	30 % 600	80 % 16 00	-	-	0,4 4	0, 8 4	Звуковая и световая сигнализация
Уровень (т.о. 1252 мм) в аппарате О-2	8007 400 мм	30 % 120	80 % 32 0	-	-	0,4 4	0, 8 4	Звуковая и световая сигнализация
Уровень (т.о. 350 мм) в паросборнике Е-80	8023 800 мм	30 % 240	80 % 64 0	-	-	0,4 4	0, 8 4	Звуковая и световая сигнализация

В процессе работы на установке могут возникнуть следующие неполадки, представленные в таблице 7 [18].

Таблица 7 – Возможные неполадки в работе и способы их устранения

Неполадки	Возможные причины возникновения неполадок	Действия персонала и способы устранения неполадок
1	2	3
Снижение давления паров изобутана в аппаратах 0-2, Т-3 (поз. 8056)	<p>1. Снижение давления пара в цех</p> <p>2. Неисправен регулятор давления изобутана поз. 8056</p> <p>3. Накопление воды или тяжелых</p>	<p>1. Увеличить давление пара в цех клапаном-регулятором поз. 8051</p> <p>2. Перейти на ручное управление, вызвать слесаря КИПиА для наладки регулятора</p> <p>3. Сдренировать в скруббер С-8</p>
Завышение давления паров изобутана в аппаратах 0-2, Т-3 (поз. 8056)	<p>1. Повышение давления пара в цех</p> <p>2. Неисправен регулятор давления паров изобутана поз. 8056</p>	<p>1. Отрегулировать нормальное давление пара в цех</p> <p>2. Перейти на ручное управление, вызвать слесаря КИПиА для наладки регулятора</p>
Завышение или занижение температуры паров изобутана на выходе из печи Пч-4 (поз. 8016/І,ІІ)	<p>1. Неисправен регулятор температуры</p> <p>2. Изменение расхода паров изобутана в печь</p>	<p>1. Перейти на ручное управление, сообщить мастеру смены, вызвать слесаря КИПиА для наладки регулятора</p> <p>2. Восстановить заданный расход изобутана, при необходимости вызвать слесаря КИПиА для наладки регуляторов расхода сырья или температуры на выходе сырья из печи</p>

Продолжение таблицы 7

1	2	3
Резкое завышение температуры на перевале и в борове печи Пч-4	1.Прогар змеевиков печи, в результате чего изобутан попал в печь	1.Сообщить мастеру смены и действовать по его указанию. Печь остановить на ремонт
Появление дыма в камере сгорания или из дымовой трубы печи	1.Неполное сгорание топлива в вихревых горелках печи	1.Увеличить подачу воздуха путем открытия шиберов на вихревых горелках
Завышение давления в реакторе Р-5 (поз. 6047)	1. Залит водой скруббер С-8	1. Увеличить отбор шламовой воды на водоочистку, восстановить уровень в кубе скруббера
	2. Завышена температура контактного газа на выходе из скруббера С-8	2. Снизить температуру контактного газа на выходе из скруббера
	3. Не нагружены турбокомпрессоры на приеме контактного газа в цехе БК-3	3. Позвонить в цех БК-3 и потребовать загрузки турбокомпрессоров, при необходимости снизить нагрузку по сырью
Завышение давления в регенераторе Р-14 (поз. 6099)	1. Залит водой скруббер С-17	1. Увеличить отбор шламовой воды на водоочистку, восстановить уровень в кубе скруббера
	2. Самопроизвольно закрылась заслонка на линии дымового газа перед входом в скруббер С-17	2. Открыть заслонку и зафиксировать в нужном положении
Снижение содержания кислорода в дымовом газе после регенератора Р-14	1.Недостаточная подача воздуха в регенератор Р-14	1.Нагрузить воздухометатель

Продолжение таблицы 7

1	2	3
или высокое содержание кокса в катализаторе		
Завышение температуры в застойной зоне реактора или регенератора (поз. 9150)	1. Попадание контактного газа в регенератор или воздуха в реактор с циркулирующим катализатором по переточным линиям	1. Увеличить подачу ингаза в стриппингующий стакан реактора поз. 8012 или восстановительный стакан регенератора (поз. 8058)
Резкое колебание уровня ББФ в испарителе Т-101 (поз. 8086)	1. Неисправен регулятор уровня поз. 8086	1. Перейти на ручное управление, вызвать слесаря КИПиА для наладки регулятора
Снижение давления паров ББФ при нормальном уровне в испарителе Т-101 и увеличенной подачи пара (поз. 8087)	1. Скопление тяжелых углеводородов или воды в испарителе	1. Слить тяжелые углеводороды или воду из испарителя Т-101 в скруббер С-8
	2. Забивка трубок испарителя	2. Остановить систему испарения ББФ на ремонт. Сообщить мастеру смены цеха Д-1
Падение давления ББФ на вводе в цех	1. Срыв подачи ББФ из цеха Д-1	1. Сообщить мастеру смены цеха Д-1
	2. Неисправен регулятор давления ББФ поз. 8086	2. Перейти на ручное управление, вызвать слесаря КИПиА для наладки регулятора

Установка БК-2 состоит из реакторного блока, насосного отделения, помещения воздухонагнетателей, маслохозяйства и перегревателей печей. Данные помещения, установки категоризируются по взрывопожарной и пожарной

опасности, классам, категориям и группам взрывоопасных смесей и средствам пожаротушения, представленным в таблице 8 [20].

Таблица 8 – Взрывопожарная и пожарная опасность, санитарная характеристика производственных зданий, помещений, зон и наружных установок

Наименование производственных зданий, помещений, наружных установок	Категория взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий (НПБ-105-03)	Классификация взрывоопасных зон внутри и вне помещений для выбора и установки электрооборудования по ПУЭ			Группа производственных процессов по санитарной характеристике (СНиП 2.09.04-87)	Средства пожаротушения
		Класс взрывоопасности	Категория и группа взрывоопасных смесей	Наименование веществ, определяющих категорию и группу взрывоопасных смесей		
1	2	3	4	5	6	7
Цех БК-2						
Наружная установка (реакторный блок)	Ан	В-1Г	ПВ-ТЗ	Абгаз Природный газ Изобутан Изобутилен Дизельное топливо	-	Ингазотушение, паротушение, пожарные ящики с песком, асбестовое одеяло

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7
Насосное отделение	А	В-1А	ПВ-ТЗ	Дизельное топливо	1б	Пожарные ящики с песком, ОВП-100, ОУ-25, ПК-1-4
Помещение воздухоподогревателей	В2	-	-	Масло ТП-22	1б	Пожарные ящики с песком, асбестовое одеяло, ОУ-80, ПК-5-8
Маслохозяйство	В1	-	-	Масло ТП-22	1б	Пожарные ящики с песком, асбестовое одеяло, ПК-9
Перегревательные печи	Ан	В-1Г	ПА-Т1	Изобутан Абгаз	1б	Пароугарное, пожарные ящики с песком, асбестовое одеяло

Основные опасности в производственном процессе цеха БК-2, обусловлены характерными свойствами сырья, полуфабрикатов, готовой продукции, отходов производства, особенностями технологического процесса или выполнением отдельных производственных операций, особенностями используемого оборудования и условиями его эксплуатации, нарушениями правил безопасности работающими.

По характеристике сырья, полуфабрикатов и продуктов разложения относятся цех относится к взрывоопасным вредным производствам. Вредность производства определяется применением и получением веществ наркотического и раздражающего действия на организм человека, которые вызывают изменения со стороны сосудистой и центральной нервной системы [21].

Наличие вредных веществ, относящихся к легковоспламеняющимся жидкостям с низкой температурой вспышки и высокой упругостью паров обуславливает их повышенную взрывную и пожарную опасность.

Особенностями технологического процесса дегидрирования изобутана являются:

ведение процесса дегидрирования изобутана при высокой температуре в псевдосжиженном слое циркулирующего катализатора,

наличие в больших количествах взрывоопасных, вредных и пожароопасных продуктов,

наличие аппаратов, работающих при высоких давлениях (18 кгс/см²),

наличие трубопроводов под различным давлением с жидкими углеводородами, газами, водяным паром,

наличие большого количества торцевых и сальниковых уплотнений,

наличие большого количества вращающихся частей (насосы, компрессоры)

наличие электроустановок с напряжением 6000 В

Применение высоких температур в процессе дегидрирования в цехе БК-2 требует защиты аппаратов и трубопроводов от терморазрушений. Реактор Р-5, регенератор Р-14, топка под давлением Т-20, газовые камеры котлов-утилизаторов Т-17, Т-16, трубопроводы контактного и дымовых газов изнутри футерованы жаропрочным торкретбетоном и облицованы нержавеющей сталью [9]. Транспортные линии катализатора снаружи обложены шамотным кирпичем [8].

Перегрев паров изобутана производится в печах Пч-4 с наличием открытого пламени [22].

Использование различного вида теплообменной аппаратуры опасно из-за неплотностей во фланцевых и других разъемных соединениях, пропусков и забивки в трубных пучках [из п.1.2. ГОСТ 12.2.003-91]

Опасность емкостного оборудования обуславливается наличием в нем большого количества опасных веществ.

Насосное оборудование представляет опасность из-за низкого уровня надежности отдельных конструктивных элементов (торцевые уплотнения, фланцевые соединения).

Основными нарушениями правил безопасности работающими являются: несоблюдение параметров технологического режима, отсутствие должного контроля за работой и эксплуатацией технологического и насосно-компрессорного оборудования, за работой и исправностью приборов КИПиА, средств сигнализаций и блокировок, наличием и исправностью заземления, ограждений и молниеотводами, за наличием и исправностью технических манометров на паросборниках, паропроводах, насосах и других аппаратах, за эксплуатацией трубопроводов пара и конденсата, исключающих появление гидроударов, за обогревом приборов КИП и трубопроводов, не допуская их размораживания, невыполнение операций технологического режима, предусмотренных технологическими инструкциями [23].

На испарительной станции потенциальная опасность характеризуется: наличием взрывопожароопасного продукта – изобутановой фракции с давлением до $8,0 \text{ кгс/см}^2$ и температурой до 50°C , наличием большого объема легковоспламеняющейся жидкости изобутана с давлением от $4,0$ до 20 кгс/см^2 , возможностью разгерметизации блока во фланцевых соединениях трубопроводов и аппаратов, в крышках, люках аппаратов О-2, Т-3/І,ІІ с образованием взрывоопасного облака (смеси), возможностью воспламенения взрывоопасной смеси за счет образования временных источников воспламенения [24].

В перегревателей печях Пч-4/І-ІІ потенциальная опасность характеризуется:

наличием взрывоопасных продуктов изобутановой фракции с температурой до $250\text{-}300^\circ\text{C}$ на входе и давлением до $4,0 \text{ кгс/см}^2$ и на выходе 570°C ,

наличием открытого пламени в печях Пч-4/І,ІІ,

возможностью самовоспламенения взрывопожароопасной смеси из-за высокой температуры на выходе.

При получении изобутан-изобутиленовой фракции возможна разгерметизация трубопроводов, аппаратов во фланцевых соединениях, крышках, люках и т.д., в результате коррозии металла, размораживания в зимних условиях при гидроударах.

Возможно воспламенение или взрыв взрывоопасных смесей от внешнего источника воспламенения, при нарушении проведения газоопасных и огневых работ или их совмещении.

Возможно разрушение коммуникаций, зданий, аппаратуры, травматизация людей в результате завышения давления выше расчетных значений, при нарушении норм ведения технологического процесса.

Возможно кратковременное или полное отключение электроэнергии, подачи воздуха КИПиА, промышленной воды, пара на цех.

Возможно механическое разрушение движущихся частей механизмов в результате их износа.

Процесс получения изобутан-изобутиленовой фракции характеризуется повышенной взрывопожароопасностью, пожароопасностью и опасностью отравления и травмирования персонала.

Высокие уровни энергетических потенциалов взрывоопасности технологических блоков обусловлены наличием в аппаратах и трубопроводах значительной массы сжиженных углеводородных газов (СУГ) и легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), нагретых выше температуры их кипения под атмосферным давлением.

Опасность отравления и травмирования персонала обусловлена возможностью контакта персонала с жидкими и газообразными углеводородами при обслуживании технологического оборудования и выполнении ремонтных работ [25].

В случае возникновения аварийной ситуации предусматривается защита оборудования путем определенной последовательности действий, представленных в таблице 9 [26].

Таблица 9 – Защита технологических процессов и оборудования от аварий и травмирования работающих

Наименование оборудования стадий технологического процесса	Категория взрывоопасности	Контролируемый параметр или наименование защищаемого участка (места) оборудования	Допустимый предел контролируемого параметра	Предусмотренная защита оборудования, стадии технологического процесса
1	2	3	4	5
Блок испарения изобутана: сепаратор О-2, испарители Т-3/І,ІІ, емкости Е-37 Е-40, Е-11, Е-104, насосы Н-53, Н-54	І	Давление паров углеводородов после сепаратора О-2 (поз.8056)	не более 8,0 кгс/см ²	-аэрацию и транспорт катализатора перевести с протока сырья на ингаз, -притушить печи Пч-4/І,ІІ, -реакторный блок перевести с протока сырья на проток ингаза со сбросом на факел после скруббера С-8, -сообщить цеху Д-1а-І-1 об останове насосов на подаче сырья, цеху Д-7-Е-8 об увеличении потребления ингаза, цеху БК-3, -сообщить диспетчеру предприятия, руководству цеха, завода, -дистанционно из операторной БК-2а закрыть электрозадвижки № 10/І,ІІ на вводе сырья в цех, простые задвижки закрыть по месту.

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5
<p>Блок испарения изобутана: сепаратор О-2, испарители Т-3/І,ІІ, емкости Е-37 Е-40, Е-11, Е-104, насосы Н-53, Н-54</p>	<p>І</p>	<p>Давление паров углеводородов после сепаратора О-2 (поз.8056)</p>	<p>не более 8,0 кгс/см²</p>	<p>-аэрацию и транспорт катализатора перевести с протока сырья на ингаз, -притушить печи Пч-4/І,ІІ, -реакторный блок перевести с протока сырья на проток ингаза со сбросом на факел после скруббера С-8, -сообщить цеху Д-1а-І-1 об останове насосов на подаче сырья, цеху Д-7-Е-8 об увеличении потребления ингаза, цеху БК-3, -сообщить диспетчеру предприятия, руководству цеха, завода, -дистанционно из операторной БК-2а закрыть электрозадвижки № 10/І,ІІ на вводе сырья в цех, простые задвижки закрыть по месту.</p>
<p>Блок перегрева изобутана: перегревательные печи Пч-4/І,ІІ, апп.О-752, В-753, О-87, Т-102, Т-101</p>	<p>ІІІ</p>	<p>Температура паров углеводородов на выходе из печей Пч-4/І,ІІ</p>	<p>не более 570°С</p>	<p>Срабатывает звуковая и световая сигнализация (тах-570 °С, поз.8016). Обслуживающему персоналу необходимо:</p>
<p>Блок дегидрирования изобутана: аппараты Р-5/І,ІІ, Т-7/І,ІІ, О-80/І,ІІ, Т-20, Е-105, Т-3а, Е-19, Е-23, Е-24, Е-95, насосы Н-22, Н-25, Н-55</p>	<p>ІІІ</p>	<p>Давление верха реактора Р-5/І,ІІ (поз.6047)</p>	<p>не более 0,65 кгс/см²</p>	<p>Срабатывает световая и звуковая сигнализация (тах-0,65 кгс/см², поз.6047). Выбивает гидрозатвор Пн-96/І,ІІ. Необходимо: -снизить нагрузку на блок до 20 т/час, -дистанционно из операторной БК-2а открыть</p>

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5
				<p>электродвигатели № 8а/І,ІІ, избыток давления стравить на факел, -аэрацию и транспорт катализатора перевести с протока сырья на проток ингаза, -залить гидрозатвор Пн-96/І,ІІ, -притушить печи Пч-4/І,ІІ.</p>
				<p>В случае необходимости реакторный блок перевести с протока сырья на проток ингаза со сбросом ингаза на факел после скруббера С-8/І,ІІ.</p>
<p>Блок охлаждения и очистки контактного газа от катализатора ИМ-2201: скруббера С-8/І,ІІ, аппараты Е-32, Е-68, АВЗ-21/І,ІІ, Т-21а, Т-21б, насосы Н-9, Н-9а, Н-10.</p>	<p>ІІІ</p>	<p>Давление в скрубберах С-8/І,ІІ</p>	<p>не более 0,65 кгс/см²</p>	<p>Защита от завышения давления для этих аппаратов та же, что и для аппаратов Р-5/І,ІІ, Т-7/І,ІІ</p>

3 Мероприятия повышения безопасности на установке БК-2 производства изобутан-изобутиленовой фракции

3.1 Методы повышения безопасности

Основными мероприятиями, обеспечивающими безопасное ведение технологического процесса являются:

строгое соблюдение норм и положений в соответствии с технологическим регламентом,

недопущение выбросов и пропусков продуктов в атмосферу (своевременная профилактика оборудования, проведение испытаний систем на герметичность перед включением в работу),

строгое соответствие оборудования по давлению и материалам процессам, для которых оно применяется,

соответствие электрооборудования по виду взрывозащищенности перерабатываемым продуктам,

четкая организация ремонтных работ и применение во время ремонтов безопасных приемов работы,

предотвращение попадания углеводородных продуктов в канализацию, тщательная приемка оборудования из ремонта,

четкая работа приборов контроля, сигнализации и автоматики [27],

строгий контроль за нормальной эксплуатацией предохранительных устройств,

постоянная исправность и готовность средств газозащиты и средств пожаротушения,

организация четкого взаимодействия между отдельными цехами производства [31],

постоянная работа вентиляционных установок,

инструктаж по технике безопасности всего персонала предприятия и обучение рабочих безопасным приемам работы [37].

К обслуживанию оборудования допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие обучение в установленном порядке, сдавшие экзамен на допуск к самостоятельной работе, экзамен на право обслуживания котлонадзорного оборудования, а при необходимости транспортных напольных средств, грузоподъемных механизмов, электроустановок, а также инструктаж по охране труда, промышленной, газовой безопасности и противопожарному режиму [31].

Запрещается ведение технологического процесса и эксплуатация оборудования с отключенными или неисправными блокировками, сигнализацией.

Мерами безопасности при выполнении регламентных операций являются: повышение и понижение давления, температуры в аппаратах, а также заполнение и освобождение аппаратов производить плавно в пределах установленных норм,

подачу пара и конденсата в аппараты осуществлять, не допуская гидроударов: при приеме пара открыть 1-ый по ходу на линии пара спускник, постепенно прогреть участок линии. При появлении пара через 1-ый спускник открыть следующий, 1-ый спускник закрыть и т.д. до прогрева всей линии пара,

при освобождении аппаратов не допускать образования вакуума в аппаратах, гашение вакуума в оборудовании осуществлять плавной подачей азота,

не допускать попадания углеводородов в канализацию,

не допускать попадания жидких углеводородов в факельную линию и топливную сеть,

не допускать работу насосов со срывом,

не допускать работу компрессоров в «помпажном» режиме.

Розжиг печи производится двумя аппаратчиками дегидрирования 5,6 разрядов под руководством мастера смены. Перед розжигом печи необходимо проверить исправность средств пожаротушения, проверить наличие давления топливного газа, открыть шибер дымохода, подать пар в радиантную камеру печи с целью прогрева кладки печи, удаления возможных скоплений горючих

газов и создания тяги, кратковременным открытием арматуры продуть коллектора от ингаза топливным газом на воздушку, после чего воздушку закрыть.

Зажигание запального факела производить в отдалении от ведра с соляжкой с подветренной стороны.

Розжиг горелок производить в спецодежде, рукавицах, защитных очках. Волосы убрать под головной убор (берет, косынка, каска).

Розжиг горелок производить через специальное запальное отверстие. Правильность розжига горелок наблюдать через лючок-гляделку. Смотровые окна должны быть закрыты.

При розжиге печи необходим постоянный контроль за давлением топливного газа, которое не должно быть меньше $1,5 \text{ кгс/см}^2$. При снижении давления топливного газа менее $1,5 \text{ кгс/см}^2$ розжиг печи прекратить, закрыть все вентили на горелках.

Повторный розжиг производить после возрастания давления топливного газа и предварительной продувки камер печи паром.

Розжиг форсунки топки Т-20 производится двумя аппаратчиками дегидрирования 5,6 разрядов под руководством мастера смены.

Перед розжигом топки необходимо проверить исправность средств пожаротушения, проверить наличие давления топливного газа, продуть камеру сгорания и камеру смешения воздухом на свечу.

Зажигание запального факела производить в отдалении от ведра с соляжкой с подветренной стороны. Розжиг форсунки производить в исправной спецодежде, рукавицах, защитных очках. Волосы убрать под головной убор (берет, каску).

Розжиг форсунки производить через специальное запальное окно, наблюдая за процессом розжига через смотровой фонарь. Если поток воздуха сбил пламя с факела и если форсунка не зажглась, то немедленно прекратить подачу топливного газа и дать воздух на продувку топки. После продувки

уменьшить подачу воздуха в камеру сгорания и повторно приступить к розжигу форсунки.

Розжиг жидкостных форсунок производить при температуре катализатора в регенераторе не менее 400°C и уровне «кипящего слоя» катализатора не менее 30 % по прибору замера общего уровня в регенераторе. В дальнейшем, при работе жидкостных форсунок не допускать снижения температуры катализатора ниже 400°C и уровня ниже 30 %.

Розжиг газовых форсунок регенератора производить при режимных значениях уровня «кипящего слоя» и температуре в регенераторе 620-650°C, предварительно потушив жидкостные форсунки, подав в них воздух.

При выводе реакторного блока в резерв или в ремонт необходимо остудить катализатор в системе до температуры 350°C и выгрузить его в бункер Е-19/Ш. Проверить полноту выгрузки катализатора из реактора Р-5 и регенератора Р-14 путем замера количества катализатора, выгруженного в бункеры Е-19. Проверить по приборам показание температуры внутри реактора и регенератора по всей высоте аппаратов (должна быть ниже 100°C), прекратить подачу воздуха в реактор и регенератор.

В процессе дегидрирования изобутана и выделения изобутан-изобутиленовой фракции термополимер не образуется.

В процессе работы в реакторе Р-5 образуется кокс, который горит при контакте с кислородом воздуха. При переводе реактора Р-5 с ингаза на воздух усилить контроль за температурой катализатора.

В случае возгорания кокса (увеличения температуры) вновь подать ингаз в реактор и охладить катализатор.

Если происходит самовозгорание отложенного на решетках кокса (при вскрытии люков в реакторе), произвести его тушение паром из стояка паротушения.

Мерами по предупреждению аварийной разгерметизации технологических систем являются:

- все технологические параметры контролируются и ведутся с помощью системы КИПиА, проходящих метрологический контроль [28],
- ответственные процессы и узлы и аппараты защищены системами блокировок, работоспособность которых проверяется ежеквартально с составлением акта,
- об отклонений параметров технологического процесса от разрешенных сигнализирует световая и звуковая сигнализации,
- своевременное проведение ультразвукового контроля за состоянием оборудования и трубопроводов
- своевременное проведение планово-предупредительных ремонтов оборудования и трубопроводов, с проведением гидравлических испытаний и испытаний на герметичность после ремонта,
- все аппараты и трубопроводы защищены от статического электричества заземлением с периодической проверкой на эффективность,
- для аварийного останова насосов, компрессоров и электродвигателей предусмотрены кнопки дистанционного управления
- турбокомпрессора во избежание механического разрушения подвергаются замерам вибрации подшипников,
- систематический контроль за содержанием вредных веществ, горючих паров и газов в воздухе рабочих зон,
- в помещении компрессорного отделения установлены сигнализаторы взрывоопасных концентраций
- все помещения оборудованы приточно-вытяжной и аварийной вентиляцией.

Обслуживающий персонал цеха БК-2 должен обеспечиваться спецодеждой, спецобувью в соответствии с типовыми нормами [32]. Кроме этого, в цехах должны быть комплекты спецодежды для периодического использования (дежурная спецодежда) в особых случаях: гидрокостюмы, резиновые и валеные сапоги, теплая одежда, перчатки, рукавицы. Обслуживающий персонал цеха должен иметь индивидуальные фильтрующие

противогазы с коробками, соответствующими перерабатываемым продуктам. Пригодность противогазов к дальнейшему использованию определяется газоспасательной службой. На каждый противогаз заводится паспорт. Обслуживающий персонал цехов должен обеспечиваться касками [33].

Цех обеспечиваются необходимым количеством комплектов противогазов марки ПШ-1, кислородно-изолирующими противогазами, в соответствии с действующими нормами.

Количество кислородно-изолирующих противогазов в аварийном запасе рассчитывается, исходя из числа работников в наиболее многочисленной смене цеха. Аварийные противогазы хранятся под пломбой в специальных шкафчиках и располагаются в доступных, часто посещаемых местах.

К числу средств коллективной защиты работающих в данном производстве от воздействия опасных и вредных производственных факторов относятся: автоматизация и дистанционное управление технологическим процессом;

- наличие систем сигнализации и блокировок всех параметров технологического режима, обеспечивающих безопасное ведение технологического процесса;
- изоляция оборудования и трубопроводов, имеющих температуру стенки выше 60°C и ниже $+ 0,5^{\circ}\text{C}$;
- наличие приточной, вытяжной и аварийной вентиляции в каждом технологическом цехе;
- обеспечение обслуживающего персонала искробезопасным инструментом;
- возможность аварийного сброса газовой фазы углеводородных продуктов из аппаратов в факельную линию;
- систематический контроль за содержанием вредных паров и газов в воздухе рабочей зоны.

Все производственные и подсобные помещения, установки, сооружения и склад должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения и пожарным инвентарем. Количество этих средств и их содержание должны

соответствовать действующим: «Правилам пожарной безопасности «Российской Федерации».

Место расположения первичных средств пожаротушения и пожарного инвентаря согласовывается с пожарной охраной ПЧ-28.

Использование пожарного оборудования и инвентаря для производственных и других нужд, не связанных с пожаротушением, запрещается.

Для тушения возникших пожаров или загораний в цехе имеются следующие огнетушительные средства: воздушно-пенные огнетушители ОВП-100, применяются для тушения небольших очагов пожара, горящих твердых и жидких продуктов, кроме электрооборудования; углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, ОУ-25, передвижной ОУ-80 – используются для тушения обесточенного электрооборудования и других небольших очагов горения, включая жидкие горючие вещества, сжиженные газы и легковоспламеняющиеся жидкости, и находящихся рядом с очагом пожара;

вода – для тушения горящего дерева, легковоспламеняющихся жидкостей и других продуктов, с целью охлаждения поверхностей, подверженных действию огня. Тушить водой электрооборудование нельзя. Пена применяется для тушения различных очагов пожара; песок, тальк для тушения небольших участков, очагов горения, пролитых горючих жидкостей; покрывала асбестовые, кошмы войлочные применяются для тушения электродвигателей, небольших очагов горения пролитых горючих жидкостей; пар для тушения пароперегревательной печи.

В процессе производства изобутан-изобутиленовой фракции для охлаждения аппаратов и емкостей, содержащих горючие вещества, во время пожара применяются лафетные установки и системы орошения колонн и аппаратов, которые приводятся в действие дистанционно. Средствами пожарной сигнализации являются пожарные извещатели. Все извещатели установлены в доступных местах. К средствам пожарной связи относится телефонная связь.

Используемые в производстве изобутан-изобутиленовой фракции углеводороды имеют низкие температуры кипения, поэтому при их разливе создается загазованность и возможно образование взрывоопасной концентрации в смеси с воздухом.

Для обезвреживания разлитых продуктов место разлива ограждается сигнальной лентой и выставляются посты дежурных, которые следят, чтобы в загазованную зону не проникли люди, а также автомобили или другие средства, могущие вызвать воспламенение горючих продуктов. Мелкие разливы углеводородных жидкостей засыпаются песком, который затем лопатой, изготовленной из не искрящего материала, собирается в контейнер и обезвреживается на печи сжигания твердых отходов цеха И-6.

Все работы по уборке разлитых углеводородов производить в соответствующей спецодежде с применением защитных средств.

В случае больших прорывов огнеопасных продуктов особую опасность представляют печи, так как могут инициировать горение и взрыв. Поэтому во всех случаях, связанных с прорывом продуктов и распространением их в сторону печей немедленно гасить горелки, а в камеру печей подать пар для охлаждения кладки и предотвращения возможности воспламенения. Включить паровую завесу на печь [29].

Аварийный сброс газовой фазы углеводородных продуктов из емкостей Е-37, Е-40 цеха БК-2 сбрасываются через емкость Е-11 на факел, из аппаратов цеха БК-3 сброс производится в емкости Е-454, О-402а через сепаратор Е-11 (цеха БК-2) и далее на факел.

При горении газов или жидкостей в аппаратах или выходящих из воздушники, закрыть запорную арматуру на подаче сырья в аппарат, немедленно подать в аппарат ингаз.

Рассыпанный катализатор ИМ-2201(ИМ-2201М) самосвалом вывозится на полигон захоронения.

При разливе дизельного топлива последнее засыпать песком. После пропитки песка собрать его в контейнер и вывезти на обезвреживание в печи сжигания твердых отходов цеха И-6.

Сброс химзагрязненной воды в канализацию производить по анализу после отпарки ее от углеводородов.

Возможная загазованность производственных помещений ликвидируется работой вентиляционных систем (при отсутствии пожара). Одновременно включается аварийная вентиляция, если разлив произошел в помещении и открываются все окна и двери.

Также существует угроза статического электричества. Статическое электричество возникает при движении токонепроводящих жидкостей или газов в результате трения слоев жидкостей или газов о поверхности незаземленных трубопроводов, емкостей и между собой.

Статическое электричество может также образоваться в результате трения твердых диэлектриков о металлические поверхности.

Электрические заряды могут явиться причиной пожаров и взрывов, нарушения технологических процессов, точности показаний приборов автоматики. Поэтому, защита от статического электричества имеет очень большое значение.

Для защиты от статического электричества предусмотрено следующее:

- все оборудование и коммуникации, выполненные из токопроводящих материалов, должно быть заземлено;
- резиновые шланги с металлическими наконечниками, предназначенные для слива продуктов из автобойлеров, бочек или налива продуктов в автобойлеры, бочки заземляются медной проволокой, обвитой по шлангу с припайкой одного конца к металлическим частям трубопровода, а другого к наконечнику шланга;
- не допускается разбрызгивание, распыление и бурное перемешивание углеводородов при подаче их в резервуары и аппараты;

- не допускается налив жидкостей в резервуары, цистерны, тару свободно падающей струей;

- запрещен отбор проб углеводородов из емкостей и аппаратов во время их заполнения или опорожнения.

Заземляющие устройства для защиты от статического электричества объединены с заземляющими устройствами всего электрооборудования.

Техническое состояние системы заземления проверяется ежедневно визуально, измерение величин сопротивления заземляющих устройств производится один раз в год с составлением акта.

Для того чтобы ознакомиться с основными методами повышения безопасности технических систем и технологических процессов необходимо дать определение таким понятиям как гомосфера и ноксосфера [30].

Гомосфера - рабочая зона, в котором находится человек, осуществляя свою производственную деятельность. Ноксосфера - пространство, в котором постоянно или периодически существует опасный или вредный фактор. В теории безопасности жизнедеятельности выделены три основных метода:

Метод разделения гомосферы и ноксосферы в пространстве или во времени. Этот метод реализуется следующими средствами: ограждением механизмов, обеспечением недоступности в опасную зону, использованием блокирующих и предохранительных устройств; герметизацией оборудования и аппаратуры; проведением периодического технического обслуживания и проверкой технического состояния оборудования на соответствие требованиям безопасной эксплуатации; использованием дистанционного управления технологическими процессами и оборудованием, средств автоматизации.

Метод, состоящий в нормализации ноксосферы, т. е. путем исключения опасности. Сюда можно отнести использование экранов, демпферов, поглотителей, фильтров для защиты от шума, пыли, вибрации, излучений; заменой технологических процессов, связанных с возникновением шума, вибрации и других опасных и вредных факторов [34].

Метод, включающий гамму приемов и средств, направленных на адаптацию человека к соответствующей среде и повышению его защищенности. Это достигается закалкой организма, общей физической культурой, обучением, получением инструктажа на отдельные виды работ, использованием индивидуальных средств защиты, спецодежды, противогазов, инструмента с изолированными ручками, измерительных средств и приборов.

Установка БК-2 предназначена для получения изобутан-изобутиленовой фракции путем каталитического дегидрирования изобутана с последующим разделением контактного газа методами охлаждения, компримирования, конденсации, абсорбции и ректификации.

Установка БК-2 по характеристике сырья, полуфабрикатов и продуктов разложения относятся к взрывоопасным вредным производствам. Вредность производства определяется применением и получением веществ наркотического и раздражающего действия на организм человека, которые вызывают изменения со стороны сосудистой и центральной нервной системы. Основные опасности на установке БК-2 обусловлены характерными свойствами сырья, полуфабрикатов, готовой продукции, отходов производства, особенностями технологического процесса, используемого оборудования и условиями его эксплуатации, нарушениями правил безопасности работающими.

Наличие в цехе вредных веществ, относящихся к легковоспламеняющимся жидкостям с низкой температурой вспышки и высокой упругостью паров обуславливает их повышенную взрывную и пожарную опасность.

Особенностями технологического процесса дегидрирования изобутана и выделения изобутан-изобутиленовой фракции являются: ведение процесса дегидрирования изобутана при высокой температуре в псевдооживленном слое циркулирующего катализатора, наличие в больших количествах взрывоопасных, вредных и пожароопасных продуктов, наличие аппаратов, работающих при высоких давлениях, наличие большого количества торцевых и

сальниковых уплотнений, наличие большого количества вращающихся частей (насосы, компрессоры).

В настоящее время на установке БК-2, используется метод, включающий гамму приемов и средств, направленных на адаптацию человека к соответствующей среде и повышению его защищенности: соблюдение параметров технологического режима, должный контроль за работой и эксплуатацией технологического и насосно-компрессорного оборудования, контроль за работой и исправностью приборов КИПиА, средств сигнализаций и блокировок, выполнение операций технологического режима, предусмотренных технологическими инструкциями, четкая организация ремонтных работ, постоянная работа вентиляционных установок, инструктаж по технике безопасности всего персонала предприятия и обучение рабочих безопасным приемам работы [35].

В качестве метода по повышению безопасности на установке БК-2 производства изобутан-изобутиленовой фракции предлагается выполнение мероприятий, направленных на оснащение установки БК-2 дополнительными системами противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ), предусмотренными действующими Федеральными нормами Правил в области промышленной безопасности.

Настоящим проектом предусматривается реализация мер по дооснащению технологических печей установки средствами противоаварийной защиты согласно требованиям Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств».

В числе опасных факторов процесса, требующих противоаварийной защиты печей, является возможность выхода из строя змеевиков от перегрева в случаях прекращения расхода сырья или нарушения их герметичности с воспламенением сырья в топочном пространстве.

Предусматривается реализация комплекса мер по автоматической защите поверхностей нагрева перегревателей технологических печей П-4/1,2 установки от перегрева согласно требованиям Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных производств".

Действие системы противоаварийной защиты в обоих случаях должны быть направлены на обнаружение признаков опасности с автоматическим прекращением поступления топлива в горелки печей и подачи в змеевики негорючего теплоносителя вместо сырья для отвода из них избыточного тепла.

В связи с особыми свойствами применяемого в технологическом процессе катализатора, требующего исключения контакта с водой, при возникновении аварийной ситуации в змеевики печи предусматривается подача инертного газа. В связи с осуществлением транспортировки пылевидного катализатора парами сырья до прекращения его приема на установку также предусматривается перевод пневмотранспорта с сырья на инертный газ в автоматическом режиме. При этом отрицательный перепад давления между ингазом и парами сырья требует действий систем ПАЗ в определенной последовательности с целью исключения попадания углеводородов в линию инертного газа.

Согласно действующему технологическому регламенту предусмотрена возможность работы печей П-4/1,2 с подачей сырья на один из блоков дегидрирования с включением по параллельной или поочередной схеме в зависимости от изменения нагрузки по сырью. В данной работе предусмотрена модернизация технологической стадии процесса дегидрирования изобутана, заключающаяся в работе двух блоков дегидрирования по параллельной схеме. Для работы двух реакторных блоков разработан соответствующий алгоритм срабатывания противоаварийной автоматической защиты и оснащение установки средствами ПАЗ.

Действующая установка оснащена следующими средствами противоаварийной защиты, обеспечивающими безопасную эксплуатацию перегревателей печей П-4/1,2.

В качестве топлива применяется газообразное топливо - природный газ, абгаз или их смесь. В технологической схеме топливный газ к горелкам поступает через отделитель жидкости О-87, оснащенный сигнализаторами появления уровня поз. LIRA 5055.1,2. Предусмотрена сигнализация снижения давления газообразного топлива поз. PIRA 6045 до 2,5 кгс/см².

Подача топлива в горелки осуществляется автоматически регулированием температуры перегретого сырья TIRCA 8016.п.1, TIRCA 8016.л.1, TIRCA 8016.п.2, TIRCA 8016.л.2 с сигнализацией ее завышения до 570 С. Исполнение регулирующих клапанов «НЗ» на линиях топливного газа обеспечивает из закрытие в случае отсутствия воздуха КИП и электропитания.

На печах применены горелки с инжекционными смесителями топлива с воздухом, не требующие принудительной подачи воздуха.

На линиях топливного газа после регулирующих клапанов установлены отсекатели поз. PZRA 9006.п.1, 9006.л.1, 9006.п.2, 9006.л.2 закрывающиеся при снижении давления топливного газа перед регулируемыми клапанами до 0,5 ати.

На линиях подачи сырья в печи после узла испарения и на вводах на установку имеются дистанционно управляемые арматуры (электроздвижки) поз. Э10.1, Э10.2.

Проектом предусмотрена установка на вводах изобутана-ректификата и изобутана-возврата быстродействующих пневмооткателей HZCA 9164 и HZCA 9166.

Предусмотрена сигнализация падения давления в линиях ввода изобутана-ректификата поз. PIRA 6050

Давление паров сырья в испарителе регулируется автоматически подачей пара поз. PIRCA 8056. Завышение давления до 8 ати сигнализируется.

Предусмотрено автоматическое регулирование расхода сырья на блоки дегидрирования поз. FRC 8002.1, 8002.2 и уровня в отделителе О-2 поз. LIRC 8007.

Настоящим проектом предусматривается реализация комплекса мер по автоматической защите поверхностей нагрева перегревателей технологических печей П-4/1,2 установки от перегрева согласно требованиям Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности « Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных производств».

При эксплуатации печи П-4/1 и П-4/2 отдельно в составе блоков дегидрирования, включенных в параллельную работу предусмотрен следующий алгоритм срабатывания противоаварийной автоматической защиты:

Предаварийная сигнализация срабатывает:

1) при снижении расхода паров изобутана на работающий блок дегидрирования поз. FZIRA 9187.1 (или FZIRA 9187.2) до 15 т/час;

2) при одновременном завышении температуры топочных газов на перевале печи поз. TZRA 7088.1п-3п, 1л-3л.1 (или2) до 680⁰С или под конвекционными змеевиками поз. TZRA 7089.1п-3п.1 (или2) до 400⁰С в любой из трех групп термопар;

Система блокировок, действующая для любого из работающих блоков как при снижении расхода паров сырья поз. FZIRA 9187.1 (или FZIRA 9187.2) до 10 т/час на соответствующий блок дегидрирования, так и случаях одновременного завышения температуры топочных газов в любой из трех групп по поз. TZRA 7088.1п-3п, 1л-3л.1 (или2) выше 700 С и поз. TZRA 7089.1п-3п, 1л-3л.1 (или2) выше 450⁰С в определенной последовательности, без прерывания процесса на другом блоке дегидрирования;

- прекращается подача топливного газа к горелкам соответствующей печи П-4/1 (или 2) закрытием существующих отсекателей поз. HZCA 9006.п1,л.1 или поз. HZCA 9006.п2,л.2;

- закрываются отсекатели поз. HZCA 9171.1 (или 2), поз. HZCA 9176.1 (или2) на воздушниках систем трех клапанов на линиях подачи ингаза в линии сырья после испарительной станции и на пневмотранспорт катализатора;

- по сигналу положения "закрыто" отсекателей на соответствующих воздушниках трехклапанных систем в точках подачи ингаза открываются

первые по ходу отсекатели поз. HZCA 9175.1 (или 2) на линии подачи ингаза на пневмотранспорт катализатора и в линию сырья на выходе из О-2 поз. HZCA 9172.1 (или 2);

- по сигналу положения "открыто" первого по ходу отсекателя поз. HZCA 9175.1 (или 2) открывается второй по ходу отсекатель поз. HZCA 9177.1 (или 2) на ингазе и закрывается отсекатель поз. HZCA 9178.1 (или 2) на линии подачи сырья на пневмотранспорт;

- по сигналу "закрыто" отсекателя поз. HZCA 9178.1 (2) на линии подачи сырья на пневмотранспорт катализатора закрывается отсекатель поз. HZCA 9173.1 (или 2) на подаче паров сырья из отделителя О-2 на соответствующий блок;

- по сигналу "открыто" первого по ходу отсекателя HZCA 9172.1 (или 2) и по мере снижения давления в линии паров сырья до 2,5 ати по дополнительному сигналу вспомогательного датчика поз. PZRA 6172.1 (или 2) открывается второй по ходу отсекатель поз. HZCA 9170.1 (или 2) с подачей ингаза в линию сырья на работающий блок в заданном количестве 1500 нм/час;

Сокращение подачи сырья на один из двух работающих блоков дегидрирования по сигналу снижения расхода паров сырья до 10 т/час автоматически переводит порядок действия функциональной схемы ПАЗ печи оставшегося в работе блока дегидрирования на последовательность для варианта работы одного блока дегидрирования.

Данный алгоритм также является новым для данной установки и предусматривает:

Предаварийная сигнализация срабатывает:

- 1) при снижении расхода паров изобутана на работающий блок дегидрирования поз. FZIRA 9187.1 (или FZIRA 9187.2) до 15 т/час;
- 2) при одновременном завышении температуры топочных газов на перевале печи поз. TZRA 7088.1п-3п, 1л-3л.1 (или 2) до 680 С или под

конвекционными змеевиками поз. TZRA 7089.1п-3п.1 (или2) до 400 С в любой из трех групп термопар;

Прекращается подача топливного газа к горелкам соответствующей печи П-4/1 (или2) закрытием существующих отсекателей поз. HZCA 9006.п1,л.1 или поз. HZCA 9006.п2,л.2

Закрываются отсекатели поз. HZCA 9164, поз. HZCA 9166 на вводах сырья на установку. По положению «закрыто» отсекателей поз. HZCA 9164 и поз. HZCA 9166 на вводах сырья на установку с задержкой времени 25сек прекращается подача пара в испаритель Т-3/1,2 закрытием отсекателя поз. HZCA 9169.

В случае завышения давления на отделителе О-2 до 8 ати по датчику давления PZIRA 9188 отсекается независимо от времени с одновременным открытием HZCA 9186 на линии стравливания паров сырья на факел.

Закрываются отсекатели поз. HZCA 9171.1 (или2), поз. HZCA 9176.1 (или2) на воздушниках систем трех клапанов на линиях подачи ингаза в линии сырья после испарительной станции и на подаче пневмотранспорта катализатора.

По сигналу положения «закрыто» отсекателей на воздушниках трехклапанных систем в точках подачи ингаза открываются первые по ходу отсекатели поз. HZCA 9175.1 (или2), поз. HZCA 9172.1 (или2) на линиях подачи ингаза на пневмотранспорт катализатора и в линию сырья на работающем блоке.

По сигналу положения «открыто» первого по ходу отсекателя открывается второй по ходу отсекается поз. HZCA 9177.1 (или 2) с подачей ингаза на пневмотранспорт и одновременно закрывается отсекается поз. HZCA 9178.1(или 2) на линии подачи сырья на пневмотранспорт.

По сигналу «открыто» первого по ходу отсекателя поз. HZCA 9172.1 (или 2) и по мере прекращения испарения изобутана и снижения давления паров сырья после испарительной станции до 2.5 ати по дополнительному сигналу

вспомогательного датчика поз. PZRA 6172.1 (или 2) в линию сырья на блок подается ингаз открытием второго по ходу отсекавателя поз. HZCA 9170.1 (или 2) в заданном количестве 1500 нм³/час и по сигналу положения «открыто» отсекавателя поз. HZCA 9170.1 (или 2) закрывается отсекаватель поз. HZCA 9173.1 (или 2) на выходе паров сырья из отделителя О-2 на работающий блок.

Действия системы противоаварийной автоматической защиты печи в обоих случаях приводят к временному прекращению процесса дегидрирования на блоке с неисправной печью П-4, переводу его в режим горячего простоя на потоке ингаза. При этом контактный газ и продувочный газ из системы контактирования направляется по существующей схеме на факел в порядке, изложенном в производственной инструкции.

Предусмотренные технологическим регламентом варианты изменения технологической схемы включения печей П-4/1 и П-4/2 на совместную работу в составе любого из блоков или отдельно в составе параллельно работающих блоков дегидрирования требуют кратковременного останова блоков на горячий простой для выполнения соответствующих технологических операций.

Порядок отключения и подготовки печи к пуску, пуска блока дегидрирования в работу после останова должны быть изложены в производственных инструкциях [14,15,16,17].

В период таких простоев блоков дегидрирования одновременно должны быть выполнены соответствующие переключения в схеме ПАЗ работающих блоков согласно указаниям части КИП данного проекта. В данной работе рассматривается только технологическая схема процесса.

Управление подачей водяного пара на создание паровой завесы или в печь сохраняется в дистанционном режиме существующими электрозаводками исходя из конкретной ситуации с обязательным предварительным удалением персонала из опасной зоны. В условиях эксплуатации систем должна быть исключена возможность скопления конденсата в паропроводе.

Реализация вышеперечисленных мер противоаварийной защиты одновременно снижает энергетический потенциал технологического блока №1 "Блок испарения изобутана" с 59 до 54,8 с сохранением категории взрывоопасности блока - I, а для блока №2 "Блок перегрева изобутана" сохраняется категория взрывоопасности блока - III, увеличивается энергетический потенциал с 15 до 22,57 в связи с совместной работой печей П-4/1,2 по параллельной схеме.

Разработанный алгоритм действия системы ПАЗ направлено на обеспечение защиты печей П-4/1,2 на период работы любого блока дегидрирования в режиме контактирования с момента подачи сырья на блок открытием соответствующего отсекавателя поз. HZCA 9173.1 (или 2) до прекращения подачи сырья их закрытием. В периоды простоев блока дегидрирования на горячем простое или его ремонте, система ПАЗ по снижению расхода сырья до 10 т/час должна находиться в «спящем» режиме.

Для возможности пуска блока дегидрирования после горячего простоя или ремонта срабатывание блокировки по снижению расхода поз. FZIRA 9187/1 (или 2) предусматривается с задержкой времени, достаточного до появления стабильного расхода сырья не менее 10 т/час, от момента открытия соответствующего отсекавателя поз. HZCA 9173.1 (HZCA 9173.2). Время задержки определяется при выполнении пуско-наладочных работ системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате написания магистерской диссертации был предложен усовершенствованный способ повышения безопасности технологического процесса, реализуемого на установке БК-2 производства изобутан - изобутиленовой фракции (на примере процесса производства АО «Тольяттисинтез»).

Выполнен аналитический информационный обзор использования технологического обеспечения безопасности производства изобутан-изобутиленовой фракции.

Систематизированы известные прогрессивные технологии и технические средства обеспечения безопасности эксплуатации технических установок.

Предложен усовершенствованный метод повышения безопасности, базирующийся на применении технических устройств на установке БК-2 изобутан-изобутиленовой фракции.

Обеспечено устранение выявленных опасных факторов процесса, требующих противоаварийную защиту печей, базирующихся на исключении возможности выходов из строя змеевиков от перегрева в случаях прекращения расхода сырья или нарушения герметичности змеевиков с последующим аварийным воспламенением сырья в топочном пространстве.

Реализованы практические мероприятия по дооснащению технологических печей установки техническими средствами противоаварийной защиты (ПАЗ), предусмотренными действующими Федеральными нормами правил в области промышленной безопасности.

Рассмотрена возможность совместной работы двух блоков дегидрирования изобутана по параллельной технологической схеме.

Разработан алгоритм технологического процесса срабатывания противоаварийной автоматической защиты печей П-4/1,2 отдельно в составе двух блоков и алгоритм защиты печей в составе одного блока.

Произведен расчет энергетического потенциала технологического блока испарения и блока перегрева изобутана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических, нефтеперерабатывающих производств» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
- 2 Технологический регламент производства изобутан-изобутиленовой фракции ТР-БК-2,3-32-13, утвержденный генеральным директором ООО «Тольяттикаучук» О.В Троицкой 22.10.2013 г.
- 3 Технический регламент таможенного союза ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
- 4 ГОСТ 12.4.085-2002 «Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные. Требования безопасности» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
- 5 ПБЭ НП-2001 «Правила безопасной эксплуатации и охраны труда для нефтеперерабатывающих производств» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
- 6 Технический регламент таможенного союза ТР ТС 032/2013 «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
- 7 ПБ 03-517-02 «Общие правила промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
- 8 Автоматизированная система управления быстродействующими отсечными клапанами: пат. 156250 Рос. Федерация: МПК F02C9 (2006.01); заявитель Струков А.П, Черномзав И.З. Патентообладатель Закрытое акционерное общество "Интеравтоматика"; заяв. 21.07.2015; опубл. 10.11.2015. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.fips.ru>

- 9 Клапан отсечной: пат. 120737 Рос. Федерация: МПК F16K17/22 (2006.01); заявитель Свистунов В.И. Патентообладатель Свистунов В.И.; заяв. 06.04.2012; опубл. 27.09.2012. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.fips.ru>
- 10 Система противоаварийной защиты: пат. 2451377 Рос. Федерация: МПК H02H 7/00 (2006.01); заявитель Рогов С.Л Патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "ТРЭИ ГМБХ"; заяв. 15.03.2011; опубл. 20.05.2012. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.fips.ru>
- 11 Инструкция ПИ-БК-2-10-12 «Установка дегидрирования изобутана по обслуживанию реакторного блока установки БК-2 ООО «Тольяттикаучук»
- 12 ГОСТ 12.1.007-76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
- 13 ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
- 14 Инструкция ПИ-БК-2-15-12 «Меры пожарной безопасности для персонала цеха БК-2». - Тольятти: АО «Тольяттисинтез», 2012.- 20 с.
- 15 Инструкция ПИ-БК-2-8-12 «Обслуживание отделения очистки контактного газа от катализаторной пыли, охлаждения и санитарной очистки дымового газа». - Тольятти: АО «Тольяттисинтез», 2012.- 25 с.
- 16 Инструкция ПИ-БК-2-13-12 «Подготовка оборудования цеха БК-2 к ремонту и сдаче его в ремонт». - Тольятти: АО «Тольяттисинтез», 2012.- 20 с.
- 17 Инструкция ПИ-О-130д-12 «Организация ремонта, технического обслуживания, проверки исправности систем сигнализации и противоаварийной защиты». - Тольятти: АО «Тольяттисинтез», 2012.- 20 с.
- 18 План локализации и ликвидации аварий (ПЛА) установки БК-2 АО «Тольяттисинтез». - Тольятти: АО «Тольяттисинтез», 2015.- 156 с.
- 19 СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и

- наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
- 20 НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
- 21 ГОСТ 32569-2013 «Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
- 22 Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа [Текст]: учебно-методическое пособие / С.А. Ахметов, Т.П. Сериков, И.Р. Кузеев, М.И. Баязитов; Под ред. С.А. Ахметова. – СПб.: Недра, 2006. -868 с
- 23 Раздорожный А.А. Охрана труда и производственная безопасность [Текст]: учебно-методическое пособие – Москва: изд-во «Экзамен», 2005. - 512 с.
- 24 ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
- 25 ГОСТ 12.0.004-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
- 26 ГОСТ 12.3.002-2014 «Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
- 27 Инструкция ПИ-О-24-12 «Эксплуатация запорной технологической арматуры, регулирующих клапанов, сужающих устройств и огнепреградителей»
- 28 Малафеев, С.И. Основы автоматики и системы автоматического управления: Учебник для студентов высших учебных заведений / С.И. Малафеев, А.А. Малафеева. - М.: ИЦ Академия, 2010. - 384 с.

- 29 Инструкция И-14-07 ОТН «Эксплуатация, ремонт и ревизия пружинных предохранительных клапанов»
- 30 Gerald I, Arjella R. van Sheppingen, Evelin H, Anja Dijkman. [Текст]: Safety and Health at Work 2013, pp. 187-196
- 31 Dame C., Work, health and wellbeing . [Текст]: Safety and Health at work 2012, p. 11
- 32 Mohammed O, Rumaiya S. The impact of robotics on employment and motivation of employees in the service sector, with special reference to health care. [Текст]: Safety and Health at Work 2014, pp. 198-202
- 33 Yahya Khosravi, Hamid Bastani. Factors influencing unsafe behaviors and accidents on construction sites. [Текст]: International journal of occupational safety and ergonomics 2014, pp. 111-125
- 34 Amevi A, Lucky D, An investigation of health and safety measures in a hydroelectric power plant. [Текст]: Safety and Health at work 2016, pp. 331-339
- 35 Горина Л.Н Производственная практика по направлению подготовки магистров «Техносферная безопасность» [Текст] - Тольятти : изд-во ТГУ, 2016. - 43 с.
- 36 ГОСТ 21.404-85 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
- 37 Горина Л. Н. Управление безопасностью труда [Текст] : учеб. пособие / Л. Н. Горина, Т. Ю. Фрезе ; ТГУ ; Автомех. ин-т ; каф. "Управление пром. и экол. безопасностью". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2010. - 185 с. : ил. - Прил.: с. 157-183. - 42-91.
- 38 Егоров А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста [Текст]: учебно-методическое пособие / А.Г. Егоров, В.Г. Виткалов, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова, Тольятти, 2012, - 135с.

39 Горина Л.Н. Государственная итоговая аттестация магистра по направлению подготовки) «Техносферная безопасность». [Текст] - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 267 с.