



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

Кафедра Безопасности жизнедеятельности

# **ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫЕ НЕФТЕХИМИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДСТВА**

Конспект лекций

Составитель: доцент Алекина Е.В.

Самара 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ТЕМА 1. ОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ .....	4
1.1. Законодательная и нормативная документация, связанная с оценкой опасности технологических процессов и производств.....	4
1.2. Факторы, определяющие степень опасности производственных процессов .....	7
1.3. Потенциальная опасность технологических процессов .....	8
1.4. Требования безопасности, предъявляемые к технологическим процессам .....	11
1.5. Технологический регламент – основа безопасности технологического процесса .....	14
1.6. Основные меры по снижению опасности технологических процессов....	17
ТЕМА 2. ОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	20
2.1. Факторы, определяющие степень опасности производственного оборудования.....	20
2.2. Общие направления создания оборудования для нефтехимических производств .....	24
2.3. Требования безопасности, предъявляемые к оборудованию .....	27
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	29
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	29

## ВВЕДЕНИЕ

Современные технологические процессы в нефтехимической промышленности являются весьма сложными. Они характеризуются высокими значениями параметров температуры, давления, применяемые вещества и получаемые продукты обладают токсическими и пожароопасными свойствами. Некоторые процессы отличаются большой движущей силой и протекают с выделением большого количества тепла, что может вызвать лавинообразное нарастание скорости реакции вплоть до взрыва.

Иногда, даже незначительные изменения условий протекания процесса по времени приводит к нарушению равновесного состояния и процесс становится неуправляемым. То же самое может произойти и при изменении параметров (температуры, давления, соотношения продуктов) процесса в сторону повышения или понижения их. Например, в реакциях нефтехимического синтеза при нагревании на  $10^{\circ}\text{C}$  скорость реакции увеличивается в 2-4 раза, нередко ускоряются нежелательные побочные реакции, происходит разложение полезных продуктов или самообразование, т.е. начинают действовать факторы, снижающие безопасность процесса.

Для обеспечения безопасности процессов, наряду с эффективностью их, необходимо определить взаимодействие параметров в количественном отношении, выбирать из них те отклонения, от которых могут произойти аварии, найти приемлемые границы для избежания предаварийных ситуаций, определить способы предотвращения опасных последствий.

Несмотря на многообразие и отличие друг от друга технологических процессов в нефтехимии существуют некоторые общие требования безопасности, которые позволяют делать оценку степени опасности этих процессов, производить ранжирование их по определенным понятиям и характеристикам, группировать в зависимости от целого ряда характерных и специфических особенностей.

# ТЕМА 1. ОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

## 1.1. Законодательная и нормативная документация, связанная с оценкой опасности технологических процессов и производств

В настоящее время органами законодательной власти, государственными надзорными инспекциями разработаны и используются на практике большое количество нормативных документов (законов, технических и технологических норм, требований, инструкций и т.п.), в которых отражены положения, связанные с оценкой опасности технологических процессов и производств.

К таким документам относятся: «Основы законодательства РФ по охране труда», ряд статей Конституции РФ (ст. 2, 7, 24, 37, 41 и др.), Трудовой кодекс РФ, многочисленные стандарты по безопасности труда, начиная от ГОСТ и заканчивая СТП. Отдельное место занимает закон РФ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», где определены требования безопасности к промышленным производствам, расположенным на территории РФ [1].

По данному закону к категории опасных производственных объектов относятся:

1. Получаются, используются, перерабатываются, хранятся, транспортируются, уничтожаются следующие опасные вещества:

а) воспламеняющиеся вещества – газы, которые при нормальном давлении и в смеси с воздухом становятся воспламеняющимися и температуры кипения которых при нормальном давлении составляет  $20^{\circ}\text{C}$  или ниже;

б) окисляющие вещества – вещества, поддерживающие горение, вызывающие воспламенение других веществ в результате окислительно-восстановительной экзотермической реакции;

в) горючие вещества – жидкости, газы, пыли, способные самовозгораться, а также возгораться от источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления;

г) взрывчатые вещества – вещества, которые при определенных видах внешнего воздействия способны на очень быстрое самораспространяющееся химическое превращение с выделением тепла и образованием газов;

д) токсичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющиеся следующие характеристики:

- средняя смертельная доза при введении в желудок от 15 миллиграммов на килограмм до 200 миллиграммов на килограмм включительно;

- средняя смертельная доза при нанесении на кожу от 50 миллиграммов на килограмм до 400 миллиграммов на килограмм включительно;

- средняя смертельная концентрация в воздухе от 0,5 до 2 миллиграммов на литр включительно;

е) высокотоксичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики:

- средняя смертельная доза при введении в желудок не более 15 миллиграммов на килограмм;

- средняя доза при нанесении на кожу не более 50 миллиграммов на килограмм;

- средняя смертельная концентрация в воздухе не более 0,5 миллиграмма на литр.

2. Используется оборудование, работающее под давлением более 0,7 МПа или при температуре нагрева воды более 115 °С.

3. Используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы.

Особое место занимает нормативно-техническая документация для оценки взрыво- и пожароопасности производства. К ней относится методика определения взрыво- и пожароопасности производств, изложенная в своде Правил СП 12.13130-2009 «Категорирование зданий, сооружений и открытых площадок по взрывопожароопасности».

В этом документе отнесение производства к той или иной категории взрывопожароопасности осуществляется с учетом свойств обращающихся в производстве веществ и возможности образования взрывоопасных смесей в объеме, превышающем 5 % объема производственного помещения.

В «Общих правилах взрывопожароопасных химических и нефтеперерабатывающих производств» (ПБ 09-540-03) предложена методика определения значений энергетических показателей взрывоопасности технологического блока, которая позволяет найти энергетический потенциал взрывоопасности производства с учетом определения полной энергии сгорания парогазовой смеси, находящейся на производстве с учетом величины работы её адиабатического расширения, а также величины энергии полного сгорания испарившейся жидкости с максимально возможной площади её пролива [2].

По значениям общих энергетических потенциалов взрывоопасности определяются величины приведенной массы парогазовой среды и относительного энергетического потенциала. Зная эти величины, осуществляется категорирование взрывоопасности технологического блока (производства), что позволяет в зависимости от категории использовать специальные меры безопасности и защиты.

«Правила промышленной безопасности и защиты нефтеперерабатывающих производств» (ПБ 09-563-03) определяют требования безопасности к технологическим процессам в нефтепереработке, включая технологические установки, лабораториям и используемое в процессах технологическому оборудованию и трубопроводам [3].

Для выбора соответствующей взрывозащиты электрооборудования и электроаппаратуры с целью исключения электрических источников воспламенения в РФ действуют «Правила устройства электроустановок» (ПУЭ), в которых классифицируется взрывоопасность производственных помещений и открытых площадок в зависимости от условий возможного образования взрывоопасных паро-, газо- или пылевых смесей при нормальном технологическом режиме или различных неисправностях или авариях [4].

И, наконец, существуют многочисленные руководящие документы (РД), правила безопасности (ПБ), инструкции по охране труда и технической безопасности, связанные со спецификой конкретного производства.

## **1.2. Факторы, определяющие степень опасности производственных процессов**

Степень опасности любого технологического процесса определяется набором определенных, характерных для него, опасных и вредных производственных факторов.

В соответствии с ГОС 12.0.002-90 ССБТ опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья. Вредный производственный фактор по тому же ГОСТу определяется как производственный фактор, воздействие которого на работающего приводит к заболеванию или снижению работоспособности [5]. Все опасные и вредные производственные факторы подразделяются на четыре класса – физические, химические, биологические, психофизиологические.

**Физические** – движущие машины и механизмы, разрушающиеся конструкции, повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, повышенный уровень на рабочем месте шума, вибрации, ультразвука, инфразвука, напряжения электрической цепи, повышенный уровень статического электричества, электромагнитных излучений, расположение на значительной высоте рабочего места относительно поверхности земли (пола), пониженная или повышенная влажность воздуха, его подвижность, отсутствие или недостаток естественного света, пониженная освещенность рабочей зоны, контрастность, прямая и отраженная блескость, острые кромки, заусенцы и шероховатости на поверхности заготовок, инструментов и оборудования.

**Химические** – это те вещества и продукты, участвующие в процессе и по характеру воздействия на организм человека делятся на

токсичные, раздражающие, сенсibiliзирующие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную функцию. Они могут проникать в организм человека через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки.

**Биологические** – патогенные микроорганизмы (вирусы, бактерии, микробы, грибы, простейшие), а также макроорганизмы - различные растения и животные.

**Психофизиологические** – физические перегрузки как статические, так и динамические, нервно-психические и умственные перенапряжения, монотонность труда.

Наличие их на рабочих местах может привести к различным видам травм или заболеваниям.

### **1.3. Потенциальная опасность технологических процессов**

#### ***1.3.1. Классификация производств нефтехимической технологии по виду опасности***

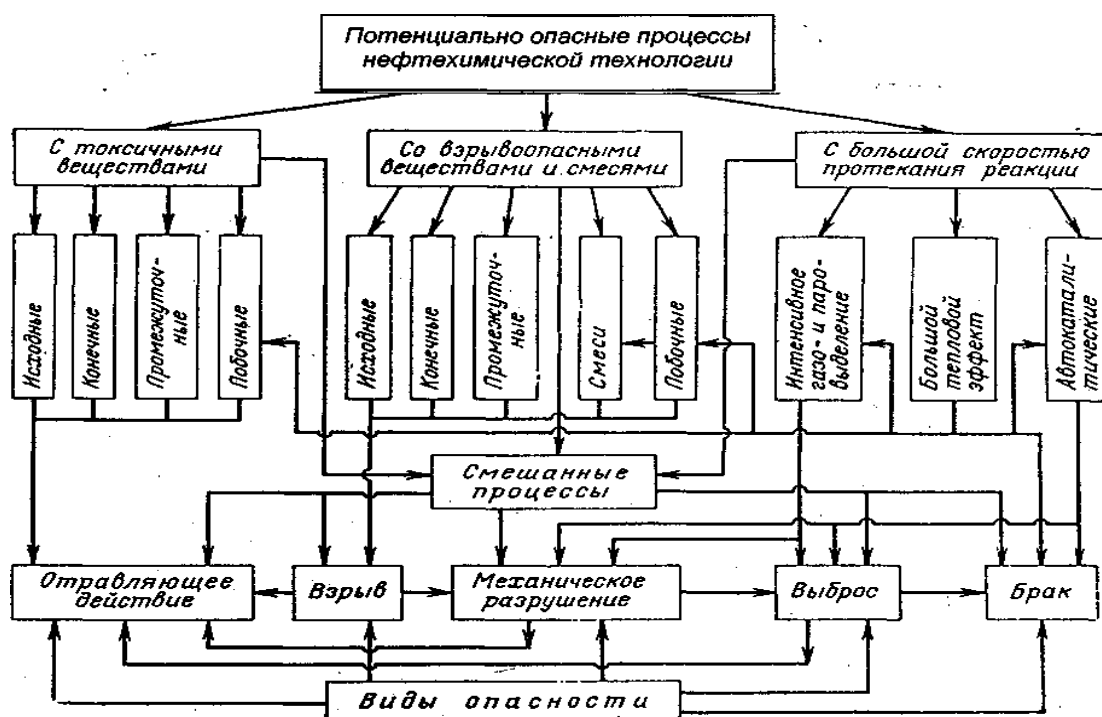
Большинство нефтехимических процессов, несмотря на их многообразие, в определенных ситуациях и условиях, возникающих вследствие нарушений требований регламента, могут выходить в аварийные режимы. Нарушения нормальных режимов работы может быть связано с отключением электроэнергии; прекращением работы вентиляции и выключения освещения; прекращение подачи сырья, топлива, газа, пара, воды; нарушение технологического процесса или режима работы аппаратов, коммуникаций; прорыв газов и легковоспламеняющихся жидкостей; выбросам реакционной массы; термическим разложением продуктов. Особенно часто такие отклонения происходят при пуске или остановке производства, при переходе на ручное управление техпроцесса в случае выхода из строя автоматических средств регулирования и управления. Последствия аварийных нарушений, приводящих к аварийным режимам, могут иметь различную степень тяжести, а сами процессы называются в таких случаях потенциально опасными.



Потенциально опасные процессы в нефтехимии и нефтепереработке можно разделить на четыре группы: переработка и получение токсичных веществ; переработка и получение взрывоопасных веществ и смесей; процессы, протекающие с большой скоростью; смешанные процессы. Как правило, большинство процессов в нефтехимии и нефтепереработке – это смешанные процессы, т.е. такие, которые можно отнести одновременно к двум или трем указанным группам. В них присутствуют все или часть видов опасности: отравление, взрыв, механическое разрушение оборудования и аппаратуры, выброс продуктов, технологический брак.

Технологические процессы протекают при нагреве продуктов до высоких температур (800-900 °С) или значительном охлаждении (до -50°С). Технология характеризуется также большим диапазоном давлений до 150-200 мН/м<sup>2</sup> (1500-2000 кгс/см<sup>2</sup>). В большинстве производств применяются токсичные вещества, горючие жидкости и газы.

Классификация потенциально опасных процессов нефтехимической технологии приведена на рисунке 1.1.



Р и с. 1.1 Классификация потенциально- опасных процессов нефтехимической технологии

### ***1.3.2. Причины, приводящие к отклонению от нормального режима***

Причины, приводящие к отклонению от нормального режима работы и вызывающие аварийную ситуацию очень разнообразны. Основные причины возникновения аварийной ситуации можно свести к следующим.

1. Изменение соотношения подаваемых компонентов (непрерывный процесс) или скорости слива одного из компонентов (полупрерывный процесс). И в том и другом случаях скорость химического превращения веществ растет, что приводит к увеличению количества выделяемого тепла, подъему температуры, ускорению побочных реакций, интенсивному газовыделению и пр.

2. Снижение (или отсутствие) расхода хладагента, подаваемого для охлаждения. Это приводит к снижению теплоотбора, увеличения температуры и другим отклонениям, перечисленным в п. 1.

Данные причины возникают при отказе средств автоматизации, оборудования по регулированию подачи, технологического оборудования или в результате ошибок обслуживающего персонала.

3. Отсутствие перемешивания. В этом случае возможно накопление непрореагирующих компонентов, что при последующем включении мешалки и начала барботации ведет к интенсивному росту скорости реакции и, как следствие, нарушению температурного режима. Возникает в результате отказа технологического оборудования.

4. Попадание посторонних продуктов в аппарат. Приводит к ускорению побочных реакций, нарушению температурного режима и т.д. Возникает при отказе технологического оборудования и в результате ошибок обслуживающего персонала.

5. Нарушение состава исходных компонентов, подаваемых в виде смеси или раствора. Приводит к изменению соотношения реагирующих веществ, следствием чего возможно увеличение скорости химического превращения веществ и т.д. (см. п. 1). Причины этого нарушения – отказы средств автоматизации и ошибки обслуживающего персонала.

6. Нарушение режима удаления газов и паров. Приводит к увеличению давления и возникает при отказе средств автоматизации, технологического оборудования, стоящего на линии отвода газов или паров из реактора и при ошибках обслуживающего персонала.

#### **1.4. Требования безопасности, предъявляемые к технологическим процессам**

Несмотря на многообразие технологических процессов в нефтехимии и нефтепереработке существуют определенные требования безопасности, которые являются необходимыми, чтобы обеспечить нормальные и здоровые условия труда.

В соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ «Процессы производственные. Общие требования безопасности» безопасность обеспечивается определенными требованиями, которые реализуются при организации и проведении технологического процесса. К ним относятся:

- устранение непосредственного контакта работающих с исходными материалами, заготовками, полуфабрикатами, готовой продукцией и отходами производства, оказывающие вредное воздействие;
- замена технологических процессов и операций, связанных с возникновением опасных и вредных производственных факторов, процессами и операциями, при которых указанные факторы отсутствуют или обладают меньшей интенсивностью;
- замена вредных и пожароопасных веществ на менее вредные и опасные;
- комплексная механизация, автоматизация, применение дистанционного управления технологическими процессами и операциями при наличии опасных и вредных производственных факторов;
- герметизация оборудования;
- применение систем контроля и управления технологическим процессом, обеспечивающих защиту работающих и аварийное отключение производственного оборудования;

- своевременное получение информации о возникновении опасных и вредных производственных факторов;
- своевременное удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источниками опасных и вредных производственных факторов;
- применение средств коллективной защиты работающих;
- рациональная организация труда и отдыха с целью профилактики монотонности и гиподинамии, а также ограничения тяжести труда.

Рассмотрим основные требования безопасности к технологическим процессам.

**Устранение непосредственного контакта работающих с вредными веществами.** В нефтехимии и нефтепереработке большинство технологических процессов исключает непосредственный контакт работающих с перерабатываемыми материалами. Обеспечение этого требования безопасности достигается ведением технологических процессов в герметически закрытой аппаратуре, отделением работающих от вредных веществ, капсуляцией оборудования, выделяющего в воздух рабочей зоны вредные вещества.

Устранение непосредственного контакта работающих с вредными веществами при ведении технологических процессов достигается также при дистанционным управлением процессами, применении средств механизации на стадиях загрузки, выгрузки и транспортировании исходных материалов, промежуточных продуктов и готовой продукции.

**Замена опасных и вредных технологических операций на менее опасные.** Для повышения безопасности предусматривается замена наиболее опасных операций менее опасными.

Безопасность операций транспортирования вредных и пожароопасных веществ можно повысить переводя твердые вещества в растворы, суспензии, расплавы для передачи их с одной технологической операции на другую по трубопроводам.

Безопасность производственных процессов существенно повышается при изменении технологических приемов работы; при замене

сухого размола твердых веществ мокрыми; при транспортировании сыпучих продуктов пневмотранспортом; при изменении агрегатного состояния перерабатываемых продуктов (вместо сухих токсичных веществ использовать их растворы или в виде пасты).

**Замена вредных и пожароопасных веществ на менее вредные и опасные.** При проектировании новых технологических процессов должно быть предусмотрено исключение из них высокотоксичных соединений или замена их менее токсичными продуктами.

Для снижения пожаровзрывоопасности веществ, обращающихся в производстве, вводятся различные инертные добавки и флегматизирующие вещества.

**Герметизация оборудования.** Герметизация оборудования - одно из основных условий обеспечения безопасности технологических процессов. Особое значение она имеет при переработке токсичных, пожаро- и взрывоопасных сред, т.к. их утечка в окружающую среду может привести к профессиональным отравлениям, пожарам и взрывам.

Наиболее частыми причинами нарушения герметичности являются неплотности в соединениях деталей оборудования. Устранение или уменьшение степени неплотности достигается применением уплотнителей.

Выбор тех или иных видов уплотнений определяется требуемой степенью герметизации и условиями эксплуатации оборудования, в том числе давлением среды, температурным режимом, скоростями движения и др.

**Механизация, автоматизация и дистанционное управление технологическими процессами.** Это требование обеспечения безопасности технологических процессов играет большую роль в коренном улучшении условий труда работающих.

Механизация технологических процессов позволяет заменить операции, выполняемые вручную, машинами и механизмами, тем самым, уменьшая опасности, связанные с ними. Механизация вредных и опасных производственных процессов освобождает рабочего от

выполнения тяжелых, утомительных и монотонных операций, уменьшает время контакта с вредными и опасными веществами.

Наиболее перспективна механизация таких операций, как загрузка в аппараты и машины и выгрузка из них сырья и готовой продукции; удаление и транспортирование отходов; отбор проб и проведение различных замеров в аппаратах и емкостях.

Автоматизация технологических процессов – более высокая степень обеспечения безопасных условий труда на производстве.

Автоматизация производственных процессов, являясь одним из самых прогрессивных направлений новой техники, имеет не только большое экологическое и социальное значение, но и играет существенную роль в обеспечении безопасности технологических процессов. В автоматизированном производстве значительно уменьшается количество выделяющихся в воздух производственного помещения вредных и пожароопасных паров, газов и пылей.

Автоматизация дает возможность управлять также такими технологическими процессами, которые вследствие их вредности, опасности или недоступности исключают непосредственное обслуживание человеком. Для автоматизации производственных процессов используют средства автоматического контроля и сигнализации, защиты и блокировки, управления и регулирования.

Дистанционное управление не только облегчает труд человека, но и выводит его из опасной зоны, если эта зона не может быть изолирована. В нефтехимии и нефтепереработке наиболее широко применяются пять систем дистанционного управления: механическое, пневматическое, гидравлическое, электрическое и комбинированное.

### **1.5. Технологический регламент – основа безопасности технологического процесса**

Технологический регламент – основной технический документ, определяющий режим и порядок проведения операций технологического процесса. Безусловное соблюдение всех требований технологи-

ческого регламента обязательно и обеспечивает надлежащее качество выпускаемой продукции, рациональное и экономическое ведение производственного процесса, сохранность оборудования и безопасность работ.

Технологические регламенты утверждают руководители предприятия или вышестоящей организации. Руководитель предприятия обязан обеспечить точное соблюдение утвержденного технологического регламента с максимальным использованием современных средств технического контроля и автоматического регулирования процесса.

В технологическом регламенте дается подробное описание всех стадий производства, его аппаратурно-механического оформления, приводятся: технологическая карта, нормы технологического режима, технологические инструкции по нормальному пуску, нормальной и аварийной остановке объекта, а также правила безопасного ведения технологического процесса и обслуживания аппаратов. Даются технические параметры нормального технологического процесса, такие как концентрация отдельных веществ, их температура, давление, скорости потоков и другие параметры, а также, что особенно важно, допустимые от них отклонения.

Регламент должен быть построен, чтобы отклонения рабочих параметров процесса в допустимых пределах не нарушают стабильности технологического процесса. Если же рабочие параметры процесса выйдут за пределы допустимых отклонений, то процесс может быть неуправляемым и понадобится некоторое время, чтобы привести его в нормальное состояние, при этом потеря стабильности процесса может вызвать аварийные ситуации.

Основа обеспечения безопасности технологического процесса заложена в ряде разделов регламента.

**Характеристика изготавливаемой продукции.** В этом разделе приводятся основные физико-химические свойства, горючесть, токсические характеристики, температуры воспламенения, взрыва, пределы взрываемости и другие.

**Нормы технологического режима.** Для каждой стадии и каждого потока указывается скорость подачи продуктов, температура, давление и другие параметры.

**Возможные неполадки, их причины и способы устранения.** В данный раздел включаются основные возможные неполадки в технологическом процессе: отклонения от норм по давлению, температуре, скорости подачи продуктов и реагентов, приводятся основные причины неполадок и указывается действие персонала, необходимые для их устранения, вплоть до отключения оборудования.

Особо оговариваются неполадки, грозящие авариями, при этом четко оговариваются действия персонала.

**Контроль производства.** Проводится по стадиям процесса и местах отбора проб или измерения параметра. Указываются параметры, подлежащие контролю, частота и способ контроля, ответственные за контроль. В случае применения опасных пожаро- и взрывоопасных видов сырья и материалов, а также готовой продукции. Предусматривается систематический санитарный контроль воздуха.

В разделе приводится также полный перечень систем сигнализации и блокировки, автоматического регулирования, дистанционного управления техпроцессом или отдельными агрегатами, указываются точки расположения и целевого назначения этих систем.

**Основные правила безопасного ведения процесса.** Раздел содержит описание обязательных условий ведения процесса, исключающих возникновение взрывов, пожаров, отравлений, ожогов и прочего, а также правила обращения с опасными веществами в конкретных условиях данного производства. В нем указывается, к каким последствиям могут привести нарушения обязательных условий ведения процесса.

В этом разделе приводятся также:

- основные правила первого пуска производства, правила приемки и пуска оборудования в эксплуатацию после его остановки и ремонта;



- основные признаки аварийного состояния производства и меры для его устранения;

Основные правила аварийной остановки производства;

- категоричность производства по взрыво- и пожароопасности;

- класс помещений по ПУЭ.

## **1.6. Основные меры по снижению опасности технологических процессов**

**Увеличение единичной мощности основных технологических агрегатов.** Внедрение укрупненных установок при одновременном комбинировании разных техпроцессов, дает не только экономический эффект, но и улучшает условия труда и увеличивает степень безопасности проведения процессов. Уменьшается общая протяженность промежуточных энергетических и технологических коммуникаций, от чего резко сокращается количество арматуры и фланцевых соединений, являющихся потенциальными источниками газовыделений.

Уменьшается число насосов, компрессоров и другого оборудования, они становятся более крупными, технически совершенными и удобными для обслуживания.

**Предотвращение образования взрывоопасных концентраций.** Это достигается тем, что технологический процесс проектируется с таким расчетом, чтобы концентрации взрывоопасных веществ в смеси с кислородом были либо ниже нижнего, либо выше верхнего концентрационных пределов взрываемости.

Взрывобезопасная концентрация обеспечивается подбором соотношения объемов находящихся в аппаратуре компонентов, скоростью их подачи, давлением, температурой и другими параметрами.

При нарушении безопасного соотношения между взрывоопасными веществами и окислителем предусматривается автоматическое прекращение подачи компонентов и остановка системы по определенному аварийному режиму.

**Флегматизация.** Флегматизацией называется введение в реакци-

онную среду веществ, замедляющих или останавливающих нежелательное направление реакций.

Применяются активные флегматизаторы, которые вступают в химическое взаимодействие с продуктами реакции и тем самым обрывают цепные реакции горения и взрыва, например окись углерода, хлор- и бромзамещенные углеводороды и другие вещества.

Инертные флегматизаторы (азот, двуокись углерода, водяной пар) снижают объемное содержание окислителя ниже критического значения, при котором реакция горения уже становится невозможной, и тем самым исключают воспламенение продукта.

Некоторые флегматизаторы могут использоваться для продувки аппаратов и трубопроводов перед пуском, чтобы освободить систему от воздуха, и после остановки – для освобождения от продукта, могущего дать с воздухом взрывоопасные смеси.

**Вынос оборудования на открытые площадки.** Является важным принципом при проектировании производств. Вынос основного технологического оборудования и аппаратуры на открытые площадки и продуваемые этажерки создают условия для снижения вероятности образования вредных и взрывоопасных концентраций. Кроме этого улучшаются условия выполнения ремонтных и монтажных работ.

**Применение вакуума.** Известно, что при увеличении давления в аппаратах область взрываемости, как правило, расширяется. Наоборот, при понижении давления он сужается, а при определенном вакууме в ряде случаев взрыв вообще может быть исключен. При глубоком вакууме прекращается выделение в окружающую среду газов, пыли, чем уменьшается опасность взрывов и отравлений. Ряд процессов при использовании вакуума может проходить при более низких температурах, что устраняет опасность термического разложения перерабатываемых веществ, их перегрев, воспламенение, а также нежелательные побочные реакции, нередко создающие дополнительные опасности взрыва.

**Увеличение степени непрерывности производственного процесса.** В периодических процессах после окончания каждой операции

продукт выгружается из аппарата и на его место загружается новая порция сырья, при этом выделяются газы, пыль, увеличивается опасность отравления или взрыва. При непрерывных процессах эти операции отпадают, а опасности устраняются. Непрерывные процессы характеризуются также устойчивостью, равномерностью и постоянством, что снижает необходимость регулирования технологических параметров, возникающих при каждом цикле производства при периодических процессах. Это уменьшает возможность ошибок со стороны обслуживающего персонала. В непрерывных процессах легче герметизировать оборудование, проще автоматизировать управление технологическими процессами.

**Применение комплексной и полной автоматизации техпроцессов.** Основой для этого является автоматическое регулирование и контроль, позволяющие полностью без участия оператора поддерживать наиболее оптимальные и безопасные условия ведения процесса.

Приборы автоматического контроля регистрируют параметры технологического процесса и подают сигнал о их нарушении. Существуют три вида технологической сигнализации: контрольная, предупредительная и аварийная.

Контрольная сигнализация служит для автоматического извещения о работе и останове отдельных механизмов и машин, о положении запорных органов на коммуникациях. Предупредительную сигнализацию применяют для автоматического извещения обслуживающего персонала о возникновении опасных изменений технологического процесса, т.е. о достижении крайних, предельных значений параметров, дальнейшее отключение которых может привести к аварии, пожару или взрыву. К этому виду сигнализации относится и сигнализация о появлении в атмосфере производственных помещений взрывоопасных и токсичных газов и паров. Данный вид сигнализации может быть самостоятельной или связанной с приборами автоматического контроля, защиты управления и регулирования. Аварийная сигнализация служит для извещения персонала об аварийном отключении оборудования. Обычно она связана с системой защиты и блокировки.

Приборы автоматической защиты не только сигнализируют об опасностях, связанных с отклонением от нормального хода рабочего процесса, но и при достижении предельных значений параметров частично или полностью останавливают процесс; прекращают подачу сырья или теплоносителя, стравливают избыток паров или газов, открывают спускные устройства для отвода продукта или обеспечивают другие меры ликвидации опасности возникновения аварии, пожара или взрыва.

Автоматическая блокировка относится к особому виду автоматической защиты, она служит для предупреждения возможности неправильных или несвоевременных включений или отключений машин и аппаратов, в результате которых могут произойти аварии, взрывы, пожары. Блокировку применяют как при ручном, так и при автоматическом управлении, блокируя действия исполнительных органов, обеспечивающих включение последующих операций только после завершения предыдущих.

## **ТЕМА 2. ОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

### **2.1. Факторы, определяющие степень опасности производственного оборудования**

Перечень применяемого оборудования на нефтехимических и нефтеперерабатывающих производствах весьма широк. Это разнообразные виды колонного оборудования, нагревательные печи, компрессоры и насосы различных типов и назначения, теплообменное оборудование, трубопроводы, газгольдеры и т.д. Поэтому существуют самые разные виды опасных и вредных производственных факторов, возникающих как при эксплуатации этого оборудования, так и в процессе ремонта и монтажа его.

**Опасность разрушения.** Определяется в зависимости от параметров технологического процесса, вследствие их значительного пре-

вышения от нормальных, степени агрессивности рабочей среды, длительности её воздействия. Как правило, такие факторы приводят к взрыву (для сосудов, работающих под давлением) или разрушению конструкций.

Особенно опасны разрушения оборудования от взрыва как физического, так и в результате возгорания горючих смесей. Как показывают расчеты, мощность этих взрывов весьма велика. Так например, мощность разрыва сосуда емкостью  $1 \text{ м}^3$ , находящегося под давлением воздуха равным  $1 \text{ МН/м}^2$  ( $10 \text{ кгс/см}^2$ ) составляет  $13150 \text{ кВ}$ , а если в сосуде будет находиться водяной пар в тех же условиях, то мощность будет составлять уже около  $200000 \text{ кВ}$ .

**Наличие движущихся частей оборудования.** При эксплуатации различных машин и механизмов существуют элементы у них, которые совершают вращательные, возвратно-поступательные и поступательные движения. Это валы насосов и компрессоров, грузоподъемные механизмы, валы мешалок в реакторах, транспортеры и т.п., что создает опасность механического травмирования людей.

**Опасность электрического тока.** Практически всё оборудование, используемое в нефтехимии и нефтепереработке в качестве использования энергии для его работы применяется электрический ток. Это приводы насосов и компрессоров, мешалок в реакторах. Электроприводы применяются для работы на грузоподъемных механизмах, ручного и механизированного инструмента и в ряде других случаев. Электрический ток высокого напряжения (свыше  $1000\text{В}$ ) применяют в некоторых технологических процессах. Электроэнергия используется для питания КИП, освещения и т.п.

Энергия электрического тока весьма значительна, что представляет опасность для обслуживающего персонала. Поэтому в случае нарушений правил эксплуатации электрооборудования человек может получить различные виды поражения вплоть до смертельного.

Наряду с опасностью поражения работающих от электрического тока, в силу различных причин в процессе эксплуатации электрического оборудования и устройств могут возникнуть искры, обладаю-

щие таким большим потенциалом, что приводит к взрывам и пожарам как в присутствии горючих смесей, так и при наличии вообще горючих материалов.

**Значительная высота рабочего места относительно земли (пола).** Целый ряд производственного оборудования имеет существенные габариты, в том числе и по высоте. Это относится к аппаратам колонного типа, высота которых достигает нескольких десятков метров, нагревательным печам, площадкам теплообменной аппаратуры и т.п. Необходимость их обслуживания предполагает наличие площадок обслуживания на разных высотах. Во время монтажа и ремонта также возможны работы на высоте с применением различных видов подмостей, строительных лесов, подвесных люлек, площадок и лестниц. Опасность таких работ состоит в том, что рабочие могут упасть с высоты или же может произойти падение инструмента, деталей, арматуры и т.п. на ниже находящихся людей.

**Наличие открытого огня.** В некоторых техпроцессах требуется производить нагрев применяемых продуктов в нагревательных печах. В них используют для этих целей открытый огонь в горелках печей. Факелы пламени от таких горелок могут иметь значительную тепловую энергию, и в случае появления паров или газов горючих веществ при аварийных ситуациях произойдет взрыв. Кроме печей, открытый огонь может быть при выполнении ремонтных и монтажных работ, когда применяют электро- и газосварку, на технологических установках, что может привести к пожару или взрыву. Особенно это опасно при выполнении огневых работ внутри аппаратов, печей, траншеях и других закрытых пространствах, где могут скапливаться горючие пары или газы.

**Повышенный уровень шума и вибрации.** При эксплуатации оборудования практически всегда возникает шум и вибрация различной интенсивности. Это в большей мере относится к насосам, компрессорам, горелкам печей и ряде других. Как правило, уровень шума и вибрации превышает допустимые санитарные нормы, что может привести к неприятным последствиям для работающих людей, начи-

ная от снижения работоспособности для возникновения профзаболеваний – тугоухости и виброболезни.

Кроме вредного воздействия на организм человека, вибрация оказывает негативное воздействие на само оборудование, коммуникации и сооружение. Вредность её действия выражается в понижении КПД машин и механизмов, в преждевременном износе вращающихся частей оборудования вследствие дисбаланса, в снижении точности и уменьшении срока службы КИП, в нарушении механической прочности и герметичности аппаратов и коммуникаций, что может послужить причиной различных аварий, Длительные сотрясения, вызываемые вибрацией, могут привести к разрушению фундаментов машин и целых сооружений.

**Опасность применения грузоподъемных машин.** При эксплуатации производства, а особенно в процессе ремонта и монтажа для перемещения и поднятия тяжелых грузов, деталей машин и самих машин применяются различные грузоподъемные устройства, начиная от ручных талей и до стационарных мостовых кранов и монтажных стрел. Наибольшую опасность наряду с возможностью травмирования от перемещающихся элементов ГПМ, представляет возможность падения груза в результате неправильных действий обслуживающего персонала, превышения массы груза выше допустимого. Кроме этого, есть вероятность опрокидывания передвижных ГПМ и падения монтажных стрел. В результате наряду с разрушением грузоподъемных машин возникает опасность травмирования рабочих.

**Опасность возникновения статического электричества.** Такая опасность в производственных условиях возникает при:

- сливе, наливе и перекачке светлых нефтепродуктов по трубопроводам и резиновым шлангам в резервные емкости;
- фильтровании нефтепродуктов через пористые материалы и перемешивании мешалками и другими приспособлениями, при разбрызгивании жидкостей, при очистке загрязненных тел в растворителях;
- в процессах пропаривания резервуаров и ж/д цистерн;
- транспортировании сжатых или сжиженных газов по трубам и

истечении их через отверстия, особенно если в них содержится тонко распыленная жидкость, суспензия или пыль;

- пневмотранспорте пылевидных и сыпучих материалов, при движении их в аппаратах, дроблении, перемалывании и просеивании;

- применении в машинах и механизмах ременных передач и транспортерных лент;

- движении автотранспорта, тележек на резиновых шинах и людей по сухому изолирующему покрытию.

Накопление зарядов статического электричества до больших величин на поверхностях нефтепродуктов, и оборудовании может привести к разрядам в виде искры, энергия которых бывает достаточной для взрыва горючих смесей газов или паров. Кроме этого, разряды статического электричества могут вызвать сбои в работе электронного оборудования, а у человека неприятные последствия в виде укола или удара. Человек может от неожиданности потерять равновесие, упасть и получить травму.

## **2.2. Общие направления создания оборудования для нефтехимических производств**

**Унификация.** Оборудование для нефтехимических процессов весьма разнообразно, однако в разных отраслях нефте- и химпереработки для одних и тех же целей могут применяться аналогичные по конструкции аппараты и машины. Это дает возможность их унифицировать, т.е. устранить излишнее разнообразие в типах и типоразмерах оборудования. Это обеспечивает проектирование, изготовление и эксплуатацию, способствует повышению качества, долговечности, работоспособности, а также степени безопасности оборудования. Упрощается и ускоряется ремонт оборудования.

**Интенсификация.** Важно при интенсификации производственных процессов разрабатывать одновременно и мероприятия, направленные на улучшение и повышение безопасности труда, обращая прежде всего на следующее:



- внедрение новой техники, модернизация оборудования и машин на травмоопасных участках и работах;
- проведение экспертизы технического состояния зданий, сооружений, оборудования;
- проведение паспортизации санитарно-гигиенического состояния цехов и производств;
- обеспечение производств инженерно-техническими средствами безопасности;
- проведение ежегодных обследований расстановки оборудования и машин и приведение к норме разрывов и габаритов безопасности;
- организация безопасного движения и эксплуатацию внутрицехового и заводского транспорта;
- внедрение стандартов безопасности;
- разработка и внедрение рациональных режимов труда и отдыха;
- расширение научных изысканий и внедрение на производстве рекомендаций по психологии безопасности труда.

Установленное на производстве оборудование не должно быть источником неблагоприятных гигиенических условий труда, оно должно быть разработано с учетом возможностей человека, который будет его обслуживать и обеспечивать безопасные условия труда при его эксплуатации.

Поэтому к технологическому оборудованию предъявляются требования эргономики [7], обусловленные антропометрическими, психофизиологическими и психологическими свойствами человека, а также гигиенические требования.

Антропометрические требования определяют соответствие оборудования антропометрическим свойствам человека: размерам и формам человеческого тела и его отдельных людей. Эти требования должны обеспечить физиологически рациональную позу оператора на рабочем месте, способствующую наиболее эффективному выполнению человеком работы при минимальном утомлении.

Психофизиологические требования устанавливают соответствие оборудования особенностям функционирования органов чувств че-

ловека (порог слуха, зрения, осязания и др.). Без реализации этих требований затрудняется оперативная информация обслуживающего персонала о состоянии оборудования или она воспринимается с искажением.

Психологические требования определяют соответствие оборудования психическим особенностям человека и создают положительное эмоциональное на него воздействие в процессе работы.

Гигиенические требования обеспечивают условия жизнедеятельности и работоспособности человека при его взаимодействии с оборудованием и окружающей средой.

**Укрупнение оборудования.** Дает возможность увеличить его производительность при снижении капитальных затрат и эксплуатационных расходов. Уменьшается число машин и аппаратов, общая протяженность промежуточных инженерных коммуникаций, что способствует резкому сокращению числа пуско-регулирующей арматуры, КИП, средств автоматизации, а также фланцевых соединений. Сокращается площадь застройки, обслуживающий и ремонтный персонал.

Для обеспечения надежности и безопасности укрупненных агрегатов следует применять такие конструкции аппаратов, которые обеспечивают равномерное распределение потоков, интенсивный тепло- и массообмен, малое гидравлическое сопротивление, отсутствие застойных участков, в которых могут скапливаться пожаро- и взрывоопасные вещества, надежное исключение проникновения одной среды в другую через уплотнители, стойкость конструкционных материалов в условиях рабочих параметров: ремонтпригодность и другие требования, связанные с особенностями процесса.

**Повышение надежности оборудования.** С укрупнением мощностей технологических агрегатов существенно повышаются требования к их надежности и безопасной эксплуатации. Повышение надежности оборудования имеет особое значение, т.к. его эксплуатация связана с обработкой токсичных пожаро- и взрывоопасных веществ и

осуществляется под высоким давлением, при высоких или низких температурах, больших скоростях перемещения материальных сред.

Надежность оборудования обуславливается безотказностью, долговечностью и ремонтпригодностью.

Безотказность – свойство системы непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или при выполнении определенного объема работ в заданных условиях эксплуатации.

Долговечность – свойство системы сохранять работоспособность до наступления предельного состояния, т.е. в течение всего срока эксплуатации.

Ремонтпригодность – свойство системы, заключающееся в её приспособленности к предупреждению, отысканию и устранению в ней отказов и неисправностей, что достигается проведением технического обслуживания и ремонтов.

### **2.3. Требования безопасности, предъявляемые к оборудованию**

Несмотря на большое разнообразие технологического оборудования по назначению, устройству и особенностям эксплуатации, к нему предъявляются общие требования безопасности, соблюдение которых при конструировании обеспечивает безопасность его эксплуатации. Эти требования сформулированы в ГОСТе 12.2.003-74 [6].

В соответствии со стандартом производственное оборудование должно обеспечивать требования безопасности при монтаже, эксплуатации, ремонте, транспортировании и хранении, при использовании отдельно или в составе комплексов и технологических систем.

Производственное оборудование в процессе эксплуатации:

- не должно загрязнять окружающее пространство выбросами вредных веществ выше установленных норм;
- должно быть пожаро- и взрывобезопасным;
- не должно создавать опасности в результате воздействия влажности, солнечной радиации, механических колебаний, высоких и низ-

ких давлений и температур, агрессивных веществ и других факторов.

Собственно безопасность производственного оборудования должна обеспечиваться следующими мерами:

- правильным выбором принципов действия, конструктивных схем, безопасных элементов конструкции, материалов и т.п.;
- применением в конструкции средств механизации, автоматического и дистанционного управления;
- применением в конструкции специальных средств защиты;
- выполнением эргономических требований;
- включением требований безопасности в техническую документацию на монтаж, эксплуатацию, ремонт, транспортирование и хранение.

В стандартах на отдельные группы производственного оборудования указываются:

- движущиеся, токоведущие и другие опасные части, подлежащие ограждению;
- допустимые значения шумовых характеристик и показателей вибрации, методы их определения и средства защиты от них;
- допустимые уровни излучений и методы их контроля;
- допустимые температуры органов управления и наружных поверхностей производственного оборудования;
- допустимые усилия на органах управления;
- наличие защитных блокировок, тормозных устройств и других средств защиты.

Определены требования к средствам защиты, входящих в конструкцию в том числе требования к:

- защитным ограждениям, экранам и средствам защиты от ультразвука, ионизирующих и других излучений;
- средствам удаления из рабочей зоны веществ с опасными и вредными свойствами;
- защитным блокировкам;
- средствам сигнализации;
- сигнальной окраске оборудования и его составных частей;
- предупредительным надписям.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Совершенствование условий и требований по оценке безопасности производства.

Наука и производство не стоит на месте. Происходит непрерывное совершенствование технологии и оборудования, разрабатываются новые технологические процессы и виды оборудования. Всё это требует и более качественных и совершенных оценок безопасности их. Возникает потребность в разработке новых приборов и устройств для этих целей с использованием нанотехнологий и микроэлектроники, новых методов и методик с учетом последних достижений в области физики, химии и математики. Всё это позволит на более высоком уровне проводить необходимые оценочные меры по безопасности нефтехимического производства.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Федеральный закон о промышленной безопасности производственных объектах.
2. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных, химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств (ПБ 09-540-03). – М.: ПИО ОБТ. 2003. – 139 с.
3. правила промышленной безопасности для нефтеперерабатывающих производств (ПБ 09-563-03). – М.: ГУП НТЦ по безопасности и промышленности РТН России. 2003. – 55 с.
4. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Издание 2000 г. с дополнениями.
5. ГОСТ 12.0.002-90 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
6. ГОСТ 12.2.003-74 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
7. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
8. Роздин И.А. Безопасность производства и труда на химических предприятиях / Роздин И.А., Хабарова Е.И., Вареник О.Н. – М.: КолосС. 2005. – 253 с.

9. Смирнов Г.Г. и др. Конструирование безопасных аппаратов для химических и нефтехимических производств / Г.Г. Смирнов, А.Р. Толчинский, Т.Ф. Кондратьева: Под общей ред. А.Р. Толчинского. – Л. Машиностроение. 1988. – 303 с.

10. Охрана труда в химической промышленности / Г.В. Макаров, А.Я. Висин и др. – М.: Химия. 1989. – 496 с.