

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»**

Угланова В.З.

ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ. Общие вопросы

Учебное пособие

*для студентов (бакалавров),
обучающихся по направлению «Техносферная безопасность»*

**Саратов
2020**

Угланова В.З.

**ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ.
Общие вопросы. Учебное пособие. – Саратов, 2020. – 130 с.**

Учебное пособие разработано в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» (уровень бакалавриата) и является частью учебно-методического комплекса дисциплины «Инженерная защита химических производств».

В учебном пособии представлены инженерные основы безопасности производства. Рассмотрены требования безопасности, предъявляемые к территории, зданиям и сооружениям, технологическим процессам, оборудованию при проведении работ с повышенной опасностью на химических производствах. Материал изложен в соответствии с законодательной и технической нормативной правовой базой в области охраны труда и промышленной безопасности.

Материал учебного пособия также будет полезно бакалаврам и магистрантам, обучающимся по другим техническим и гуманитарным специальностям и направлениям ВУЗов, интересующихся некоторыми вопросами техносферной и промышленной безопасности, а также безопасности жизнедеятельности.

А в т о р

Доцент кафедры нефтехимии и техногенной безопасности,
кандидат химических наук Угланова Варсения Загидовна

Р е ц е н з е н т

Доцент кафедры полимеров на базе ООО «АКРИПОЛ»,
кандидат химических наук Шмаков Сергей Львович

Р е к о м е н д у ю т к п у б л и к а ц и и:

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности
Института химии (ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»)

Публикуется по решению научно-методической комиссии Института химии
ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	5
<i>Раздел 1 ХИМИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДСТВА. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА</i>	6
1 Введение в инженерную защиту химических производств	6
1.1 Вредные вещества, опасные химические вещества.....	9
1.2 Классификация и воздействие вредных веществ на человека.....	10
1.3 Краткая характеристика некоторых негативных факторов.....	15
1.4 Химическая опасность, химически опасные объекты	16
2 Предотвращение химических аварий и мероприятия по снижению ущерба от них	24
2.1 Профилактика аварий и снижение ущерба от них	24
2.2 Химический контроль и химическая защита.....	25
<i>Контрольные вопросы к разделу 1</i>	26
<i>Список использованных источников к разделу 1</i>	26
<i>Раздел 2 ИНЖЕНЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ</i>	27
3 Инженерная безопасность производственных территорий	27
3.1 Основные принципы проектирования территорий	27
3.2 Генеральный план, планировка территории	27
3.3 Санитарно-защитная зона химического предприятия	36
3.4 Благоустройство земельного участка	45
4 Размещение инженерных коммуникаций	47
4.1 Подземные, наземные и надземные коммуникации	48
4.2 Электроснабжение, силовое электрооборудование	50
<i>Контрольные вопросы к разделу 2</i>	51
<i>Список использованных источников к разделу 2</i>	51
<i>Раздел 3 ИНЖЕНЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ</i>	53
5 Классификация производственных зданий, требования, предъявляемые к ним	53
5.1 Классификация промышленных зданий	53
5.2 Основные требования, учитываемые при проектировании зданий	57
5.3 Типизация и унификация промышленных зданий	61
5.4 Воздействие агрессивных физико-химических сред на строительные конструкции	62
5.5 Физический износ промышленных зданий	64
<i>Контрольные вопросы к разделу 3</i>	66
<i>Список использованных источников к разделу 3</i>	66

<i>Раздел 4 ИНЖЕНЕРНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ</i>	
<i>ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ</i>	
	68
6	Безопасность технологических процессов
	68
6.1	Потенциально опасные технологические процессы
	68
6.2	Требования безопасности, предъявляемые к технологическим процессам
	70
6.3	Автоматизация производственных процессов для обеспечения безопасных условий труда
	73
6.4	Технологический регламент – основа безопасности технологического процесса
	76
6.5	Инженерно-технические средства безопасности
	80
7	Безопасность технологического оборудования
	84
7.1	Основное технологическое оборудование в химической промышленности. Классификация
	84
7.2	Общие направления создания химического оборудования
	89
7.3	Износ технологического оборудования
	95
7.4	Требования безопасности, предъявляемые к основному технологическому оборудованию
	98
	Контрольные вопросы к разделу 4
	108
	Список использованных источников к разделу 4
	108
 <i>Раздел 5 ТРУБОПРОВОДЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</i>	
	110
8	Безопасная эксплуатация трубопровод
	110
8.1	Размещение трубопроводов
	110
8.2	Компенсация
	116
8.3	Трубопроводная арматура
	118
8.4	Тепловая изоляция и окраска трубопроводов
	122
	Контрольные вопросы к разделу 5
	128
	Список использованных источников к разделу 5
	128
	 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ
	130

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение безопасных условий труда работающих, а также реализация принципа от техники безопасности к безопасной технике во многом зависят от того, в каком объеме выпускники вузов, а в будущем руководители и специалисты предприятий овладели знаниями и умениями в области промышленной безопасности и охраны труда.

Высокая надежность и безопасность промышленных предприятий и производств достигается глубоким и всесторонним обоснованием научных основ технологического процесса, правильными проектными решениями, соответствующими действующему законодательству по безопасности труда, с использованием современного оборудования, жестким выполнением технологического регламента, а также реализацией других мероприятий, вытекающих из особенностей производства.

В химической промышленности используются многочисленные потенциально опасные процессы, которые при определенных условиях могут переходить в неконтролируемое состояние и приводить к авариям. Защита производств химической и смежных с ней отраслей промышленности представляет собой сложный, многообразный и трудоемкий процесс, который необходимо рассматривать как совокупность целого ряда социально-организационных и инженерно-технических стадий. Только системный подход к решению задач по повышению безопасности может обеспечить высокий уровень функционирования промышленных объектов.

Инженерная защита зданий и сооружений промышленных производств представляет собой целый комплекс мер и мероприятий, которые необходимы для снижения или предотвращения негативных последствий от опасных процессов техногенного происхождения. Инженерная защита химического производства включает в себя планирование каждого отдельного строения, процесса, оборудования и т.д. в соответствии с нормами, установленными в нормативных правовых актах. Благодаря внедрению таких норм и их соблюдению удаётся обеспечить сохранение опасных промышленных объектов даже при постоянном воздействии на них опасных производственных факторов.

Раздел 1 ХИМИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДСТВА. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА

§ 1 Введение в инженерную защиту химических производств

Инженерная защита территорий и сооружений является важным элементом как для осваиваемых, так и для уже освоенных территорий.

На любой застроенной или *застраиваемой территории* существуют или активизируются те или иные природные и техногенные процессы. Многие из них являются неблагоприятными и/или опасными и могут быть угрозой для сооружений, экосистем и людей. Любому специалисту (инженеру, проектировщику, экспедитору и т.д.) ясно, что если застройку территорий вести без их инженерной защиты, то это может привести к аварийным ситуациям, катастрофическим последствиям, вплоть до разрушения уже возведенных зданий и сооружений, человеческих жертв, деградации и гибели экосистем.

На уже *застроенных территориях* инженерная защита предотвращает активизацию опасных или возникновение новых неблагоприятных природных и техногенных процессов, которые в период застройки отсутствовали. Таким образом, значение инженерной защиты для человека и биосферы в целом огромно.

Традиционный и современный взгляды на инженерную защиту

Согласно СП 116.13330.2012, **инженерная защита территории, здания и сооружений** – это комплекс инженерных сооружений и мероприятий, направленных на предотвращение отрицательного воздействия опасных геологических, экологических и других процессов на территорию, здания и сооружения, а также на защиту от последствий этих процессов. Это традиционное определение.

Однако, все более возрастающее значение инженерной защиты обусловлено увеличивающимися масштабами и темпами освоения новых территорий, увеличением сложности и ответственности возводимых сооружений и инфраструктуры. Эволюция техносферы на Земле идет в направлении устойчивого роста ее объемов и усложнения ее внутренней структуры и организации.

Поэтому обеспечение сохранности в тех или иных природных условиях, в независимости от опасных природных и техногенных процессов и надежности всех элементов техносферы приобретает первостепенное значение. На это и нацелена инженерная защита территорий, зданий и сооружений техногенной среды.

Правильное инженерное обоснование и правильная организация инженерной защиты на осваиваемых территориях позволяют без ущерба строить различные инженерные сооружения и жилые здания, исключая возможность отрицательных последствий в результате опасных природных и

техногенных процессов. Этим определяется основное практическое и экономическое значение инженерной защиты.

Исторически сложилось так, что инженерная защита (1970-1980-х гг.) традиционно рассматривалась как система мероприятий и защитных сооружений, направленных лишь на сохранение строящихся и эксплуатируемых инженерных сооружений и жилых зданий от разрушения для обеспечения безопасности населения. Таким образом, изначально она имела сугубо антропоцентрический характер. Но по мере обострения экологических проблем, не только из-за опасных природных процессов, но и техногенных, роль инженерной защиты неуклонно стала расширяться и постепенно приходит осознание того, что она должна ориентироваться на защиту не только населения в условиях чрезвычайных ситуаций, но и экосистем и техногенную среду.

Инженерная защита территорий, зданий, сооружений, населения, окружающей среды (природной, техносферы) сейчас представляет собой важнейший комплекс защитных инженерных, организационных и инженерно-экологических изысканий, позволяющих нормально функционировать современной цивилизации.

При обеспечении сохранности сооружения автоматически значительно повышается и безопасность населения. Поэтому подавляющее большинство принятых ранее и современные нормативные документы, касающиеся инженерной защиты, ориентированы, прежде всего, на обеспечение защиты жилых зданий, промышленных, энергетических, линейных сооружений и т.п. от влияния опасных природных и техногенных процессов.

Цель инженерной защиты – обеспечение безопасности населения и предотвращение отрицательного воздействия опасных природных и техноприродных процессов на территории, здания, сооружения, уникальные памятники природы и экосистемы.

В комплекс заблаговременных и оперативных мер по защите населения в чрезвычайных ситуациях в качестве важной составной части входят мероприятия инженерной защиты.

Особенностью инженерной защиты в условиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера является то, что она используется не только для защиты населения, но служит также важным направлением обеспечения защиты территорий.

Инженерная защита населения и территорий – это комплекс организационных и инженерно-технических мероприятий, проводимых заблаговременно, а также в оперативном порядке и направленных на предотвращение или максимальное снижение потерь населения при возникновении чрезвычайных ситуаций путем обеспечения укрытия и жизнедеятельности населения в защитных сооружениях, предотвращения, устранения или снижения до допустимого уровня отрицательного воздействия поражающих факторов стихийных бедствий, аварий, природных и техногенных катастроф.

Мероприятия инженерной защиты регламентируются рядом нормативных документов, основным из которых является СНиП 2.01.51-90 «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны». Несмотря на то, что нормы этих мероприятий в значительной мере определены с учетом потребностей военного времени, выполнение некоторой части из них содействует защите населения и территорий от стихийных бедствий, аварий, природных и техногенных катастроф. Этим нормативным документом определены требования к планировке, размещению и строительству защитных сооружений гражданской обороны, объектов экономики, зданий, сооружений, инженерных систем с учетом необходимости обеспечения их безопасности в условиях как военных опасностей, так и чрезвычайных ситуаций мирного времени.

Кроме этого основополагающего для инженерной защиты документа, введены в действие:

- порядок разработки и состав раздела «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций» проектов строительства;
- порядок разработки и состав раздела «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций» градостроительной документации для территорий городских и сельских поселений, других муниципальных образований.

Соблюдение требований этих нормативных документов позволяет снизить людские потери и материальный ущерб, создать условия для успешного проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Инженерная защита планируется и осуществляется на основе:

- оценки характеристик возможной опасности;
- учета категорий защищаемого населения;
- результатов инженерно-геодезических, геологических, гидрометеорологических изысканий;
- схем инженерной защиты территории (генеральных, детальных, специальных);
- учета особенностей использования территории.

В современных условиях наблюдается тенденция к построению инженерной защиты населения и территорий путем образования единой территориальной системы (комплекса) сооружений и мероприятий. При этом к основным мероприятиям инженерной защиты населения и территорий в условиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера относят:

- укрытие людей и материальных ценностей в существующих защитных сооружениях и в приспособленных под защитные сооружения подземное пространства города;
- использование в качестве жилья мест работы и отдыха жилых, общественных и производственных зданий, возведенных с учетом сейсмичности соответствующих территорий;

- использование при соответствующих чрезвычайных ситуациях отдельных герметизированных помещений в жилых домах и общественных зданиях на территориях, прилегающих к радиационно- и химически опасным объектам;
- укрытие семей и трудовых коллективов в квартирах и производственных помещениях, в которых ими в оперативном порядке самостоятельно проведена герметизация;
- предотвращение разливов аварийно химически опасных веществ путем обваловки или заглубления емкостей;
- возведение и эксплуатация инженерных защитных сооружений от неблагоприятных и опасных природных явлений и процессов.

1.1 Вредные вещества, опасные химические вещества

Опасные химические вещества, прежде всего, являются представителям целой группы вредных веществ. Вредные вещества – это вещества, которые при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности могут вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. К вредным веществам относятся различные химические соединения (газы, жидкости, пыли).

Пары, газы, жидкости, аэрозоли, химические соединения, смеси (далее вещества) при контакте с организмом человека могут вызывать изменения в состоянии здоровья или заболевания.

Воздействие вредных веществ на человека может сопровождаться отравлениями и травмами.

В настоящее время известно более 7 млн. химических веществ, из которых около 60 тысяч находят применение в деятельности человека.

В организм человека вредные химические вещества могут проникать *ингаляционным* (органы дыхания), *пероральным* (желудочно-кишечный тракт) и *кожно-резорбтивным* (кожные покровы) путями. Основным же путем проникновения вредных веществ в организм являются органы дыхания.

Распределение вредных веществ в организме подчиняется определенным закономерностям. Сначала происходит распределение вещества в организме, затем основную роль начинает играть поглощающая способность тканей.

Вредное действие химических веществ на организм человека изучает специальная наука – токсикология.

Токсикология – это медицинская наука, изучающая свойства ядовитых веществ, механизм их действия на живой организм, сущность вызываемого ими патологического процесса (отравления), методы его лечения и предупреждения.

Область токсикологии, изучающая действие химических веществ на человека в условиях производства, называется промышленной токсикологией.

Токсичность – это способность веществ оказывать вредное действие на живые организмы.

Основным критерием (показателем) токсичности вещества является предельно-допустимая концентрация (ПДК, мг/м³). Показатель токсичности вещества определяет его опасность.

Кроме ПДК, который определяет класс опасности по концентрации вещества в воздухе, используются и ряд других показателей.

Средняя смертельная концентрация в воздухе ЛК₅₀ (мг/м³) – концентрация вещества, вызывающая гибель 50 % животных при двух-четырёх часовом вдыхании.

Средняя смертельная доза при нанесении на кожу ЛД₅₀ (мг/кг – миллиграмм вредного на кг массы животного) доза вещества, вызывающая гибель 50 % животных при однократном нанесении на кожу.

Средняя смертельная доза ДЛ₅₀ (мг/кг) – доза вещества, вызывающая гибель 50 % животных при однократном введении в желудок.

При определении указанных средних смертельных концентраций и доз испытания проводят на мышах и крысах.

1.2 Классификация и воздействие вредных веществ на человека

Классификация химических веществ:

1. По происхождению:

- естественные (природные);
- антропогенные.

2. По химической природе:

- органические;
- неорганические;
- элементоорганические (органические соединения: борорганические, кремнеорганические, фосфорорганические и металлоорганические).

3. *Химические вещества, которые пребывают в разном агрегатном состоянии* (твёрдом, газообразном, жидком).

4. В зависимости от их практического использования классифицируются на:

- промышленные яды – используемые в производстве органические растворители (например, дихлорэтан), топливо (например, пропан, бутан), красители (например, анилин) и др.;
- ядохимикаты – используемые в сельском хозяйстве пестициды и др.;
- прекурсоры, лекарственные и фармакологические средства;
- средства санитарии, личной гигиены, косметика, бытовые химикаты, пищевые добавки (например, уксус), средства санитарии, личной гигиены, косметики и т. д.;

- биологические растительные и животные яды, которые содержатся в растениях, грибах, у животных и насекомых;
- отравляющие вещества (ОВ) – зарин, иприт, фосген и др.
 - раздражающего действия;
 - пульмонотоксического (удушающего) действия;
 - общеядовитого действия;
 - цитотоксического действия;
 - нейротоксического действия.
- ядовитые технические жидкости, используемые в народном хозяйстве и Вооруженных Силах:
 - жидкости на основе фосфорорганических соединений;
 - жидкости на гликолевой основе;
 - этиловая жидкость и этилированные бензины;
 - спирты и жидкости на основе спиртов;
 - хлорорганические растворители;
 - растворители ароматического ряда углеводов;
 - жидкости на основе фторированных углеводов;
 - масла и жидкости с ядовитыми присадками.

5. По степени опасности для организма человека все химические вещества разделены на 4 класса опасности:

- 1 класс - чрезвычайно опасные;
- 2 класс - высокоопасные;
- 3 класс - умеренно опасные;
- 4 класс - малоопасные.

Класс опасности вредных веществ устанавливают в зависимости от норм и показателей (таблица 1). Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

По характеру воздействия на человека вредные вещества подразделяются на (рисунок 1):

• *общетоксические, нервно-паралитические, кожно-резорбтивные, удушающие* – вызывающие отравление всего организма или поражающие отдельные системы: центральную нервную систему, кровеносные органы, печень, почки (углеводороды, спирты, анилин, сероводород, синильная кислота и ее соли, соли ртути, хлорированные углеводороды, оксид углерода и др.);

раздражающие (слезоточивые, чихательные) – вызывающие раздражение слизистых оболочек, дыхательных путей, глаз, легких, кожи (органические азокрасители, диметиламинобензол и другие антибиотики и др.);

сенсibiliзирующие – действующие как аллергены (формальдегид, растворители, лаки и др.);

мутагенные – приводящие к нарушению генетического кода, изменению наследственной информации (свинец, марганец, радиоактивные изотопы и др.);

канцерогенные – вызывающие злокачественные опухоли (хром, никель, асбест, бенз(а)пирен, ароматические амины и пр.);

Таблица 1 – Класс опасности вредных веществ в зависимости от норм и показателей

Наименование показателей	Норма для класса опасности			
	1	2	3	4
ЛД 50 (пероральная), мг/кг	менее 15	15–150	151–5000	более 5000
ЛД 50 (кожная), мг/кг	менее 100	100–500	501–2500	более 2500
ЛС 50 (в воздухе), мг/м ³	менее 500	500–5000	5001–50000	более 50000
ПДК (в воздухе рабочей зоны), мг/м ³	менее 0,1	0,1–1,0	1,0–10,0	более 10
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	более 300	30–300	3–30	менее 3,0
Зона острого действия (Zac)	менее 6,0	6–18	18–54	более 54
Зона хронического действия (Zch)	более 10	5–10	5–2,5	менее 2,5
Зона биологического действия (Zbl)	более 1000	100–1000	10–100	менее 10

Коэффициент возможности ингаляционного отравления – отношение максимально достижимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20⁰ С к средней смертельной концентрации вещества для мышей.

Зона острого действия (Zac) – отношение средней смертельной концентрации вредного вещества к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций.

Зона хронического действия (Zch) – отношение минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей вредное действие в хроническом эксперименте по 4 ч, пять раз в неделю на протяжении не менее четырех месяцев.

Зона биологического действия (Zbl) – отношение величины средней смертельной дозы (или концентрации) яда к величине его порога хронического действия.

тератогенные, влияющие на репродуктивную (детородную) функцию – вызывающие возникновение врожденных пороков, отклонений от нормального развития детей, влияющие на нормальное развитие плода (ртуть, свинец, стирол, радиоактивные изотопы, борная кислота и др.).

Три последних вида вредных веществ (мутагенные, канцерогенные и тератогенные) характеризуются отдаленными, латентными последствиями их

влияния на организм. Их действие проявляется не в период воздействия и не сразу после его окончания, а в отдаленные периоды, спустя годы и даже десятилетия.

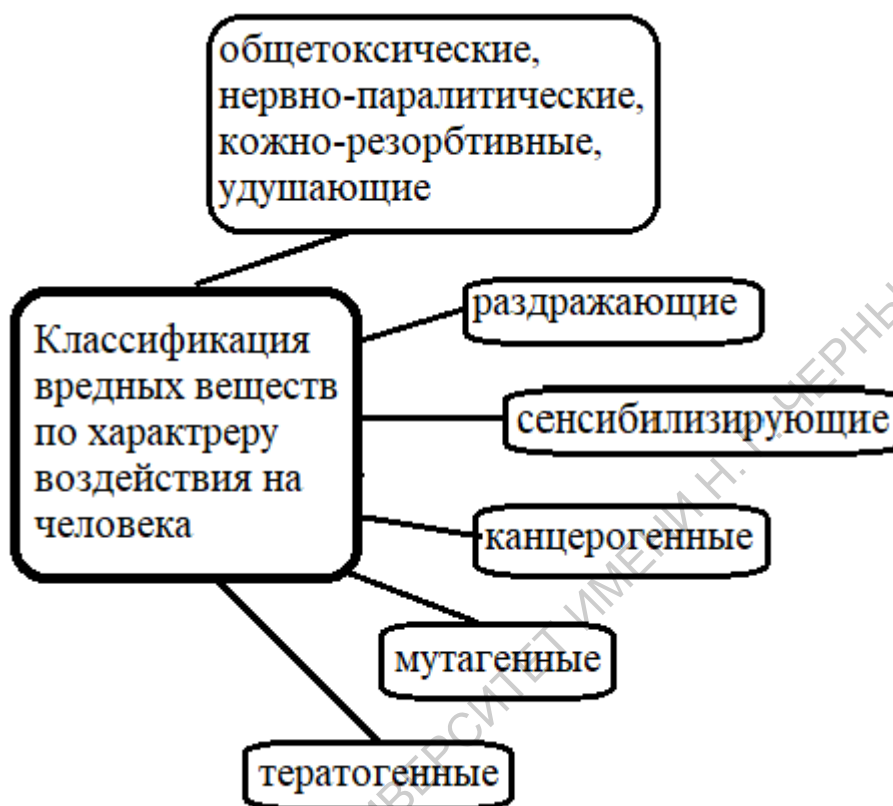


Рисунок 1 – Классификация вредных веществ.

Кроме приведенной классификации вредных веществ по характеру воздействия необходимо учитывать большую группу веществ – аэрозоли (пыли), не обладающих выраженной токсичностью. Для этих веществ характерен *фиброгенный эффект* действия на организм. Аэрозоли угля, кокса, сажи, алмазов, пыли животного и растительного происхождения, силикат и кремнийсодержащие пыли, аэрозоли металлов, попадая в органы дыхания, вызывают повреждение слизистой оболочки верхних дыхательных путей и, задерживаясь в легких, вызывают воспаление (фиброзу) легочной ткани. Профессиональные заболевания, связанные с воздействием аэрозолей, - *пневмокониозы*.

Пневмокониозы делят на:

- силикозы – развиваются при действии пыли свободного диоксида кремния;
- силикатозы – развиваются при действии аэрозолей солей кремниевой кислоты;
- разновидности силикатоза: асбестоз (асбестовая пыль), цементоз (цементная пыль), талькоз (пыль талька);
- металлокониозы – развиваются при вдыхании металлической пыли, например бериллиевой (бериллиоз);

- карбокониозы, например антраноз, возникающий при вдыхании угольной пыли.

Результатом вдыхания человеком пыли являются пневмосклерозы, хронические пылевые бронхиты, пневмонии, туберкулезы, рак легких. Многие аэрозоли фиброгенного эффекта проявляют и общетоксическое воздействие на организм.

К ядовитым пылям относятся аэрозоли дихлордифенилтрихлорметилметан (ДДТ), свинца, бериллия, мышьяка и др. При попадании их в органы дыхания, помимо изменений в верхних дыхательных путях и легких, развивается острое и хроническое отравление.

На химических производствах работа, как правило, проводится с несколькими химическими веществами. При этом работник может подвергаться воздействию еще и негативных вредных факторов другой природы (шум, вибрация, электромагнитные и ионизирующие излучениям).

При этом возникает эффект *сочетанного* (при одновременном действии негативных факторов различной природы) или *комбинированного* (при одновременном действии нескольких химических веществ) действия химических веществ.

Сочетанное действие – одновременное воздействие нескольких химических и физических факторов. Воздействие токсических веществ на человека в условиях производства не может быть изолированным от влияния других неблагоприятных факторов, таких как высокая и низкая температура, повышенная или пониженная влажность, шум, вибрация, излучения. При сочетании воздействия химических веществ с другими факторами эффект может оказаться более значительные, чем при изолированном воздействии того или иного фактора.

Так, например, при одновременном воздействии вредных веществ и высокой температуры возможно усиление токсического эффекта; высокая температура воздуха увеличивает летучесть химических веществ и повышает их концентрации в воздухе (наркотики, пары бензина, ртути, оксиды азота, углерода, хлорофос); при пониженной температуре увеличивается токсичность оксида углерода, бензина, бензола, сероуглерода; повышенная влажность воздуха может увеличивать опасность отравлений, раздражение слизистых оболочек; возрастание токсического эффекта зарегистрировано как при повышенном, так и при пониженном давлении; производственный шум усиливает токсический эффект оксида углерода, стирола, алкилнитрила, нефтяных газов, аэрозоля борной кислоты; увеличение легочной вентиляции приводит к возрастанию общей дозы вредных веществ, проникающих в организм через дыхательные пути, увеличивается опасность отравления раздражающими парами и газами, токсическими пылями и т.д.

Комбинированное действие – это одновременное или последовательное действие на организм нескольких веществ при одном и том же пути их поступления в организм.

Различают *несколько типов комбинированного* действия в зависимости от эффектов токсичности:

- *суммация* (аддитивное действие, аддитивность) – суммарный эффект действия смеси равен сумме эффектов входящих в смесь компонентов. Суммация характерна для веществ однонаправленного действия, когда вещества оказывают одинаковое воздействие на одни и те же системы организма (например, смеси углеводов);
- *потенцирование* (синергетическое действие, синергизм) – вещества действуют так, что одно вещество усиливает действие другого. Эффект синергизма больше аддитивного. Например, никель усиливает свою токсичность в присутствии медистых стоков в 10 раз, алкоголь значительно повышает опасность отравления анилином;
- *антагонизм* (антагонистическое действие) – одно вещество ослабляет действие другого, эффект меньше аддитивного. Например, эзерин значительно снижает действие атропина, является его противоядием;
- *независимость* (независимое действие) – эффект не отличается от изолированного действия каждого из веществ или комбинированный эффект не отличается от изолированного действия каждого яда. Преобладает эффект наиболее токсичного вещества. Независимость характерна для веществ разнонаправленного действия, когда вещества оказывают различное влияние на организм и воздействуют на различные органы. Например, бензол и раздражающие газы, смесь продуктов сгорания и пыль действуют независимо.

Наряду с комбинированным действием веществ необходимо выделить *комплексное действие*. При комплексном действии вредные вещества поступают в организм одновременно, но разными путями (через органы дыхания и кожу, органы дыхания и желудочно-кишечный тракт и т. д.).

1.3 Краткая характеристика некоторых негативных факторов

К промышленным ядам относится большая группа химических веществ и соединений, которые в виде сырья, промежуточных или готовых продуктов встречаются в производстве.

Промышленные яды используются в производстве и выделяются в воздух в различных технологических процессах: органические растворители (дихлорэтан, ксилол), топливо (пропан, бутан, бензин), красители (анилин), продукты сгорания (СО, оксиды азота и серы), возгоны сталеплавильных печей, сварочные и паечные аэрозоли и т.д.

В организм промышленные химические вещества могут проникать через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и неповрежденную кожу. Однако основным путем поступления в организм являются легкие.

Попадание ядов в организм может привести к отравлению или sensibilization организма. Помимо острых и хронических профессиональных отравлений, промышленные яды могут быть причиной понижения устойчивости организма и повышенной общей заболеваемости.

В сельском хозяйстве используются ядохимикаты. Это в первую очередь удобрения и пестициды.

Биологические яды растительного и животного происхождения содержатся в растениях (аконит, цикута), в грибах (мухомор, бледная поганка), у животных (змеи) и насекомых (пчелы).

Общая токсикологическая классификация промышленных ядов включает в себя следующие виды воздействия на живые организмы:

- общетоксическое (кома, отек мозга, судороги): алкоголь и его суррогаты, угарный газ;
- нервно-паралитическое (судороги, параличи): никотин, некоторые пестициды, ОВ и ТХВ;
- кожно-резорбтивное (местные воспаления в комбинации с общетоксическими явлениями): уксусная эссенция, дихлорэтан, мышьяк;
- удушающее (токсический отек легких, мозга): окислы азота, некоторые ОВ и ТХВ;
- слезоточивое и раздражающее (раздражение слизистых оболочек глаз, носа, горла): пары крепких кислот и щелочей;
- психотропное (нарушение психической деятельности, сознания): наркотики, атропин;
- сенсibiliзирующее (аллергии): формальдегид, растворители, лаки;
- мутагенное (нарушение генетического кода, изменение наследственной информации): свинец, диоксин, марганец, радиоизотопы;
- канцерогенное (вызывают злокачественные опухоли): хром, никель, асбест;
- тератогенное (влияют на репродуктивную, детородную функцию): ртуть, свинец, стирол, борная кислота.

Кроме того, яды обладают и избирательной токсичностью, т.е. представляют наибольшую опасность для определенного органа или системы организма.

По избирательной токсичности выделяют яды:

- воздействующие на сердце. К ним относятся многие лекарственные препараты, растительные яды, соли металлов (бария, калия);
- воздействующие на нервную систему и вызывающие нарушение психической деятельности. Это алкоголь, наркотики, некоторые пестициды;
- накапливающиеся в печени. Среди них следует выделить хлорированные углеводороды, грибные токсины, фенолы, альдегиды;
- накапливающиеся в почках. Это соединения тяжелых металлов, этиленгликоль, щавелевая кислота;
- воздействующие на кровь. Это анилин и его производные, нитриты;

1.4 Химическая опасность, химически опасные объекты

Среди различных объектов техносферы значительную большую долю составляют *объекты химического профиля* или *химические объекты*, в которых обращаются различные химические вещества.

Химические вещества при всей их пользе и необходимости представляют собой опасность для людей и окружающей среды. Большая часть опасных химических веществ обладает токсичностью и их воздействие на живые организмы может приводить к токсическим поражениям различной

степени тяжести, включая летальные исходы. Многие химические вещества, используемые в промышленности, относятся и к группе огнеопасных.

Под **опасностью** понимаются явления, процессы, действия или условия, с наличием характерного потенциала, который может нанести ущерб здоровью людей, привести к их гибели, нанести ущерб окружающей среде, привести к потере сохранности материальных объектов антропогенного происхождения. Необходимо помнить о вероятностной природе этого понятия. Опасность – это предтеча возможных негативных событий, но не сами эти события. Опасность может быть как потенциальной, так и реализованной.

Выделяют основные виды техногенных опасностей: химическая, пожарная, взрывная, радиационная и бактериологическая.

Опасности, содержащиеся в объектах химического профиля, обусловлены наличием в них **токсического и энергетического потенциала**.

Объекты химического профиля характеризуются в первую очередь химической опасностью. Последняя подразделяется на токсическую, пожаро- и взрывоопасность. *Токсическая опасность* определяется наличием *токсического потенциала*. *Пожаро- и взрывоопасность* обусловлены *энергетическим потенциалом*. При высвобождении токсического потенциала, сконцентрированного на объекте, опасность может преобразоваться в токсическую аварию. Высвобождение энергетического потенциала может привести к превращению соответствующей опасности в пожар или взрыв.

Возможны комбинированные аварии: пожар в сочетании с токсической аварией, когда огнеопасное вещество является одновременно и токсичным веществом, или когда нетоксичное вещество (материал) при горении выделяет токсичные вещества.

Химическая (токсическая) опасность отличается рядом важных специфических особенностей:

Во-первых, химические продукты (опасные химические вещества – ОХВ, токсичные химические вещества - ТХВ) обращаются на множестве химически опасных объектов (ХОО). К ХОО относятся не только предприятия химической, нефтехимической, металлургической и других видов промышленности, где ОХВ (ТХВ) содержатся в сырье, вспомогательных материалах, технологических смесях, продуктах и отходах. Опасность присуща не только стационарным химико-технологическим объектам, но и транспортным средствам, постоянно перемещающим по суше, воде и воздуху массы токсически опасных грузов.

Во-вторых, токсическая опасность химических продуктов, производимых и используемых в промышленности, проявляется не только в авариях, но и при нормальных условиях эксплуатации производственных предприятий. Из объектов в окружающее пространство уходят отходящие газы, сточные воды и твердые отходы. Все эти технологические составляющие чаще всего являются токсичными, их попадание в окружающую среду и нахождение в ней представляют опасность.

В-третьих, химическая опасность, обусловленная попаданием токсикантов в окружающую среду, может проявляться на значительном удалении от источников токсического загрязнения (трансграничный и перенос). Токсические аварии могут сопровождаться образованием вторичных источников токсического поражения в виде зараженных объектов и участков, которые могут существовать и проявлять себя длительное время после аварии.

В-четвертых, токсическому воздействию подвержены буквально все представители биосферы. Разнообразны пути попадания токсикантов в живые организмы, многообразны механизмы токсического поражения.

В-пятых, свойства многих ТХВ, способность негативно воздействовать на человека и окружающую природную среду, изучены не в полной мере.

Промышленным объектом, предприятием принято считать совокупность элементов (цехов, установок, отделов), входящих в единый комплекс, находящихся на расстояниях не более 500 м и обеспечивающих единый технологический процесс.

Химический объект (объект химического профиля, ХО) объект техносферы, где обращаются (производятся, получают, образуются, используются, перерабатываются, хранятся, транспортируются и/или уничтожаются) опасные химические вещества.

Химически опасным объектом – объект техносферы, при аварии на котором или разрушении которого может произойти массовое поражение (отравление) людей, сельскохозяйственных животных и растений, либо химическое заражение окружающей природной среды химическими веществами в количествах, превышающих естественный уровень их содержания в среде.

Химически опасные объекты делят на **стационарные** (неподвижные) и **нестационарные** (подвижные).

Среди **стационарных** ХОО особое место занимают – *химико-технологические объекты* (ХТО), в технологическом цикле которых используются опасные (токсичные) химические вещества, способные при их попадании в окружающую среду привести к массовым поражениям людей, животных и растений. ХТО – это химически опасные объекты, в которых производится переработка химической субстанции. Химико-технологические объекты, чаще всего, представляют пожаро- и взрывоопасность. ХТО является основной структурной единицей химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности, и многих других отраслей техносферы.

Современные ХТО отличаются рядом специфических особенностей, влияющих на уровень опасности таких объектов.

Во-первых, они характеризуются многообразием различных производственных сред, которые используются на объекте. Многие из них обладают повышенной токсичностью, горючестью, воспламеняемостью и склонностью к коррозии.

Во-вторых, современные ХТО отличаются использованием агрегатов большой единичной мощности, в которых сконцентрированы значительные массы ТХВ.

В-третьих, на химико-технологических объектах используется оборудование, работающее в экстремальных условиях (высокая или слишком низкая температура сред, высокое давление и значительное разрежение в аппаратах, большие скорости движения, колебания элементов оборудования и др.).

В-четвертых, в химико-технологических схемах современных ХТО используется большое число структурных элементов разного назначения, от надежности, безотказности которых во многом зависит безаварийность объекта в целом.

В-пятых, в состав ХТО входят автоматизированные системы управления, автоматические системы защиты и мониторинга, оснащенные современной вычислительной техникой, контроллерами, микропроцессорами, что должно учитываться при анализе надежности и уровня опасности ХТО.

Среди большого числа отличающихся по характеру процессов химической технологии выделяют группу процессов, которые при определенных условиях, возникающих вследствие нарушения требований нормативной правовой документации, выходят в аварийные режимы с последствиями различной степени тяжести. Такие процессы называются *потенциально опасные процессы химической технологии*. К ним относят:

- переработка и получение токсичных веществ;
- переработка и получение взрывоопасных веществ и смесей;
- процессы, протекающие с большой скоростью;
- смешанные процессы.

Большая часть потенциально опасных процессов химической технологии – это смешанные процессы. В них присутствуют все или часть видов опасности: токсичность, взрыв, механическое разрушение оборудования и аппаратуры, выброс реакционной массы, технологический брак.

Классификация потенциально опасных процессов химической технологии по виду опасности приведена на рисунок 2.

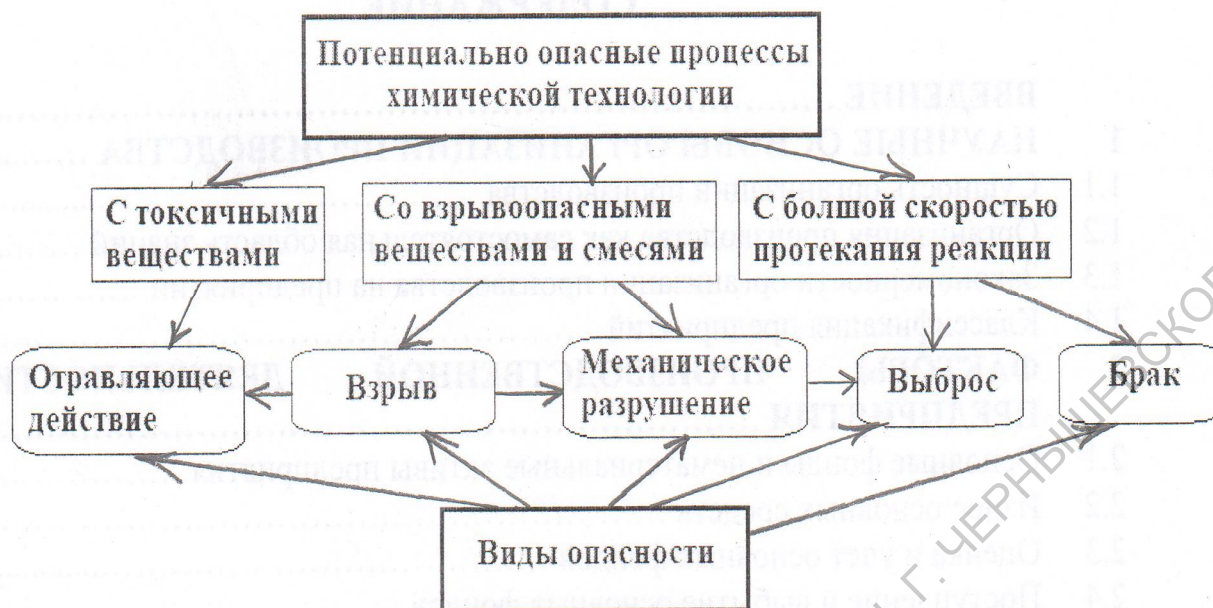


Рисунок 2 – Классификация потенциально опасных процессов химической технологии по виду опасности.

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

1. *Изменение соотношения подаваемых компонентов* (непрерывный процесс) или скорости слива одного из компонентов (полунепрерывный процесс). И в том, и в другом случаях скорость химического превращения веществ растет, что приводит к увеличению количества выделяемого тепла, подъему температуры, ускорению побочных реакций, интенсивному газовыделению и пр. Оба отклонения возникают при отказах средств автоматизации, оборудования, регламентирующего подачу, или в результате ошибок обслуживающего персонала (при ручном управлении).

2. *Снижение* (или отсутствие) расхода хладагента, подаваемого для охлаждения. Это приводит к снижению теплоотбора, увеличению температуры и т.д. и возникает при отказе средств автоматизации и технологического оборудования или в результате ошибок обслуживающего персонала.

3. *Отсутствие перемешивания.* В этом случае возможно накопление не прореагировавших компонентов, что при последующем включении мешалки ведет к интенсивному росту скорости реакции и, как следствие, к нарушению температурного режима. Возникает в результате отказа технологического оборудования (остановка или обрыв лопастей мешалки).

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. Причины этого нарушения – отказ средств автоматизации и ошибки обслуживающего персонала.

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

Надежное средство интенсификации и защиты потенциально-опасных процессов – создание автоматических систем защиты. В практике химических производств применяются и технологические методы снижения опасности.

Важной сферой обеспечения промышленной безопасности является инженерная сфера.

Можно выделить четыре основных направления.

Первое направление - наиболее традиционное – повышение надежности используемого технологического оборудования, введение технических систем обеспечения безопасности (двойные стенки резервуаров, факельные системы, предохранительные клапаны, обвалования и т.п.).

Второе направление - придание технологиям "внутренне присущей" безопасности. Наиболее известные примеры такого подхода - сокращение объемов опасного вещества или замена их неопасными компонентами (функционально подобными исходным веществам), а также модификация используемых технологических процессов.

Третье направление – административное, в рамках которого осуществляется менеджмент (т.е. планирование, организация, руководство и контроль) всей системой взаимосвязанных действий по обеспечению безопасности. Здесь имеется в виду распределение ответственности, учет человеческого фактора, ведение проекта и внесение в него необходимых исправлений, расследование происшествий и подготовка персонала, проведение ревизий, осуществление контроля технологий и т.п.

Четвертое направление в практическом осуществлении безопасности в промышленности - это организация действий в чрезвычайных ситуациях. Эти действия осуществляются с помощью систем раннего обнаружения и предупреждения аварии, технических средств противодействия ее распространению: водяных и паровых завес, управляемых источником воспламенения, нейтрализаторов токсичности паровых облаков и т.п. Рациональный объем внедрения мероприятий по предотвращению ущерба, расчет сил и средств для локализации и ликвидации последствий аварии невозможен без прогноза возможного развития аварий и их последствий

Современные химические технологии ХОО в определенной степени используются во всех отраслях промышленности. При этом, в большинстве случаев даже при нормальном функционировании этих объектов имеет место выброс в атмосферу или сброс в водную среду тех или иных загрязняющих веществ.

Безусловно, наиболее масштабные и опасные техногенные загрязнения происходят при авариях и катастрофах на объектах, использующих химические технологии, особенно на химически опасных объектах, где производятся, перерабатываются, используются, транспортируются или хранятся аварийно химически опасные вещества. Аварийные выбросы и сбросы (разливы), при авариях которых нередко приводят к катастрофическим последствиям. Сегодня на территории России функционируют более 3600 такого рода объектов, имеющих значительные запасы АХОВ. Суммарная площадь, на которой может возникнуть очаг химического заражения, составляет 300 тыс. км² с населением около 54 млн. человек. Классификация таких объектов по степени опасности приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Классификация объектов по степени химической опасности

Степень химической опасности объектов	I	II	III	IV
Критерии отнесения объектов к степеням химической опасности	В зону возможного химического заражения АХОВ при аварии попадает более 75 тыс. человек	В зону возможного химического заражения АХОВ при аварии попадает от 40 до 75 тыс. человек	В зону возможного химического заражения АХОВ при аварии попадает менее 40 тыс. человек	Зона возможного заражения АХОВ при аварии не выходит за пределы территории объекта или его санитарно-защитной зоны.

Наличие большого количества факторов, от которых зависит безопасность функционирования химически опасных объектов, определяет сложность решения проблемы предупреждения химических аварий и катастроф.

Химические аварии, обусловленные выбросом (проливом) АХОВ, обычно подразделяются на три типа:

- аварии с образованием только первичного облака АХОВ;
- аварии с проливом АХОВ и образованием его первичного и вторичного облака;
- аварии с заражением окружающей среды (грунта, водоисточников, технологического оборудования и т.п.) высококипящими жидкостями и твердыми веществами без образования первичного и вторичного облака.

Большинство АХОВ при аварийных ситуациях сравнительно легко переходят из одного агрегатного состояния в другое, чаще всего из жидкого в парообразное (газообразное), из твердого в аэрозольное и наносят массовые поражения людям, животным и растениям. Несмотря на предпринимаемые меры по обеспечению промышленной безопасности, полностью исключить вероятность возникновения аварии практически невозможно.

Аварии на химически опасных объектах делятся на *производственные* и *транспортные*, при которых нарушается герметичность емкостей и трубопроводов, содержащих АХОВ.

По *масштабам последствий* химические аварии имеют свою специфическую классификацию:

- локальные – последствия которых ограничиваются одним цехом (агрегатом, сооружением) химически опасного объекта;
- местные – последствия которых ограничиваются производственной площадкой химически опасного объекта или его санитарно-защитной зоной;
- общие – последствия которых распространяются за пределы санитарно-защитной зоны химически опасного объекта.

В химических авариях обычно выделяют 4 фазы:
 инициирование аварии;
 развитие аварии;
 выход последствий аварии за пределы объекта;
 локализация и ликвидация последствий аварии.

Содержание и характеристика этих фаз приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание и характеристика фаз химических аварий

№	Фаза	Динамика развития	
		Аварии на хранилищах и при ведении технологического процесса	Транспортные аварии
1	Инициирование аварии вследствие накопления отклонений от нормального процесса или неконтролируемой случайности, в результате чего система приходит в неустойчивое состояние	Накопление дефектов в оборудовании; ошибки при проектировании, строительстве и монтаже оборудования; ошибки в эксплуатации оборудования; нарушение технологического процесса	Ухудшение состояния железнодорожного пути; некачественное ведение ремонтных работ, возникновение неполадок в подвижном составе; нарушение правил перевозок, столкновение с

			другими транспортными объектами; коррозия трубопроводов и т.д.
2	Развитие аварии, в течении которой происходит нарушение герметичности системы (емкости, реактора, цистерны и т.д.) и попадание АХОВ в атмосферу	Возникновение пожаров, взрывов, разливы, выбросы АХОВ в окружающую среду	Сход с рельсов цистерн, пожары, взрывы, разливы, выбросы АХОВ в окружающую среду
3	Выход последствий аварий за пределы объекта	Распространение газовой волны и ее выход за пределы объекта, поражающее воздействие АХОВ на население и производственный персонал	
4	Локализация и ликвидация последствий аварий	Проведение мероприятий химической защиты в т.ч. по локализации и ликвидации источника заражения	

§ 2 Предотвращение химических аварий и мероприятия по снижению ущерба от них

2.1 Профилактика аварий и снижение ущерба от них

Основные мероприятия по профилактике аварий и снижению ущерба от них включают:

- использование безопасных технологий;
- осуществление организационных, технических, специальных и других мер, обеспечивающих высокую эксплуатационную надежность объектов;
- ограничение распространения ХОВ за пределы санитарно-защитной зоны при авариях и разрушениях;
- рациональное размещение ХОО с учетом возможных последствий аварий;
- проведение специальных мероприятий по защите и обеспечению населения, позволяющих снизить масштабы вредного воздействия.

Важную роль в деле профилактики аварий на ХОО играет повышение уровня автоматизации и механизации технологических процессов, оснащенности их быстродействующими техническими средствами защиты, системами взрывопредупреждения и локализации аварий, а также совершенствование профессиональной подготовки производственного персонала.

С целью повышения стойкости (прочности) хранилищ может проводиться их заглубление в грунт или размещение под землей.

Для химически опасных предприятий предусматривается организация санитарно-защитной зоны, в которой запрещается размещение жилых зданий, детских и лечебно-оздоровительных учреждений, а также других объектов, не относящихся к этим предприятиям.

2.2 Химический контроль и химическая защита

Защита населения от АХОВ представляет собой комплекс организационных и организационно-технических мероприятий, проводимых с целью исключения или максимального снижения числа пострадавших от воздействия ядовитых веществ людей в чрезвычайных ситуациях, вызванных авариями на ХОО.

Заблаговременно проводятся следующие мероприятия химической защиты:

- создаются и эксплуатируются системы контроля за химической обстановкой в районах химически опасных объектов и локальные системы оповещения о химической опасности;
- разрабатываются планы действий по предупреждению и ликвидации химической аварии;
- накапливаются, хранятся и поддерживаются в готовности средства индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, приборы химической разведки, дегазирующие вещества;
- поддерживаются в готовности к использованию убежища, обеспечивающие защиту людей от АХОВ;
- принимаются меры по защите продовольствия, пищевого сырья, фуража, источников (запасов) воды от заражения АХОВ;
- проводится подготовка к действиям в условиях химических аварий аварийно-спасательных подразделений и персонала ХОО; обеспечивается готовность сил и средств подсистем и звеньев РСЧС, на территории которых находятся химически опасные объекты, к ликвидации последствий химических аварий.

К основным мероприятиям химической защиты относятся:

- обнаружение факта химической аварии и оповещение о ней;
- выявление химической обстановки в зоне химической аварии;
- соблюдение режимов поведения на зараженной территории, норм и правил химической безопасности;
- обеспечение населения, персонала аварийного объекта и участников ликвидации последствий химической аварии средствами индивидуальной защиты органов дыхания и кожи, применение этих средств;
- эвакуация населения при необходимости из зоны аварии и зон возможного химического заражения;
- укрытие населения и персонала в убежищах, обеспечивающих защиту от АХОВ;

- оперативное применение антидотов (противоядий) и средств обработки кожных покровов;
- санитарная обработка населения, персонала и участников ликвидации последствий аварий;
- дегазация аварийного объекта, территории, средств и другого имущества.

Контрольные вопросы к разделу 1

1. Раскройте суть понятий «инженерная защита химического производства». Назовите ее цели и задачи.
2. Дайте определение понятиям «опасные химические вещества», «вредные вещества», «химически опасные объекты», «химико-технологические объекты», «химическая опасность».
3. В чем состоят основные различия химической опасности на разных этапах развития химической промышленности?
4. Перечислите основные признаки, по которым классифицируют опасные химические вещества.
5. Дайте характеристику основным причинам возникновения чрезвычайных ситуаций на химических производствах.
6. Перечислите основные мероприятия профилактики возникновения химических аварий и химической защиты.

Список использованных источников к разделу 1

Свод правил СП 116.13330.2012 «Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения.» Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003 // [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/1200095540> (дата обращения: 30.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

Строительные нормы и правила СНиП 2.01.51-90 «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны» // [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/1200078953> (дата обращения: 30.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

Свод правил по проектированию и строительству СП 11-107-98 «Порядок разработки и состав раздела «Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны. Мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций» проектов строительства» // [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/1200000064> (дата обращения: 30.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

Свод правил СП 11-112-2001 «Порядок разработки и состав раздела градостроительной документации для территорий городских и сельских поселений, других муниципальных образований» // [Электронный ресурс]:

<http://global-stroy.net/sp-11-112-2001> (дата обращения: 30.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» (с Изменениями N 1, 2) // Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/5200233> (дата обращения: 30.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

Раздел 2 ИНЖЕНЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

§ 3 Инженерная безопасность производственных территорий

3.1 Основные принципы проектирования территорий

Промышленные предприятия, здания и сооружения химической промышленности необходимо проектировать в соответствии с нормативными правовыми актами, согласованными и утвержденными в установленном порядке.

При проектировании предприятий с целью повышения уровня безопасности необходимо, как правило, размещать их в составе промышленного узла с максимально целесообразным кооперированием объектов подсобных производств и хозяйств, инженерных сооружений и коммуникаций, а также объединением в единую систему бытового и других видов обслуживания работающих на предприятиях промышленного узла.

При строительном проектировании предприятий или отдельных производств химической промышленности следует принимать наиболее прогрессивные решения, отвечающие минимально допустимым нормативным требованиям и обеспечивающие высокие технико-экономические показатели путем рационального использования земельных участков предприятия, строительства минимально необходимого числа зданий, инженерных сооружений, коммуникаций, уменьшения площадей, объемов и веса зданий и сооружений, снижения расхода материалов и т.д.

При проектировании промышленных предприятий должен быть обеспечен высокий уровень архитектурных решений предприятия, в целом, отдельных его зданий и сооружений и их интерьеров (включая размещение оборудования, электропроводок, трубопроводов и вентиляционных устройств). При этом, архитектурные решения зданий и сооружений и их интерьеров должны учитывать характер и назначение производств, климатические условия, температурно-влажностный режим помещений, требования рационального освещения помещений и рабочих мест, требования по обеспечению пожаро-взрывобезопасности производства и охраны труда.

Решения по благоустройству и озеленению территории должны учитывать влияние химических производств на зеленые насаждения, а также характер грунтов и почв.

3.2 Генеральный план, планировка территории

Требования к проектированию, содержанию и эксплуатации производственных предприятий определены рядом нормативной правовой документации Российской Федерации: Генеральные планы промышленных

предприятий. Актуализированная редакция СНиП II-89-80* (с Изменением № 1).

Генеральный план химического предприятия наряду с ситуационным планом определяет основные принципы проекта, архитектурно-планировочное и пространственное решение предприятия, градостроительные и санитарные условия, бытовое и транспортное обслуживание трудящихся.

Генеральный план химического предприятия должен соответствовать технологии производства, обеспечивать необходимые санитарно-гигиенические условия труда, высокие технико-экономические показатели строительства.

Генеральные планы химических предприятий должны составляться с учетом требований безопасности труда, а также санитарно-гигиенических требований.

Генеральный план промышленного предприятия представляет собой вычерченную в масштабе схему промышленной площадки с изображенными проектируемыми и существующими зданиями и сооружениями, основными дорогами и проездами, благоустройством и озеленением территории.

Разработка генерального плана должна обеспечивать наиболее благоприятные условия для производственного процесса и труда, эффективность капитальных вложений, рациональную организацию производственных, транспортных и инженерных связей отдельных производств, а также с селитебной территорией, защиту прилегающих территорий от загрязнений и т.п.

Запрещается размещать, проектировать, строить и вводить в эксплуатацию объекты, оказывающие вредное воздействие, при котором имеется превышение гигиенических нормативов на данной территории.

Для действующих объектов разрешается проведение реконструкции или перепрофилирование производств при условии снижения уровней создаваемого загрязнения за пределами промышленной площадки до значений, не превышающих гигиенические нормативы, и выполнения иных требований, установленных законодательством.

Планировка земельных участков объектов и их групп должна обеспечивать наиболее благоприятные условия для производственного процесса и труда на предприятиях, рациональное и экономное использование земельных участков и наибольшую эффективность капитальных вложений. В проектах и схемах планировочной организации земельных участков реконструируемых объектов, их групп и сложившихся производственных зон следует *предусматривать упорядочение планировочного зонирования, размещения инженерных и транспортных коммуникаций.*

Как правило, согласно нормативной правовой документации, при зонировании территории промышленного предприятия ее разделяют на участки. **При этом на промышленной площадке предусматривают следующие зоны:**

предзаводскую, где размещаются заводоуправление, проходная, столовая, здания медицинского, учебного и культурно-бытового обслуживания;

производственную, с основными производственными цехами, сооружениями водоснабжения и энергетических устройств, зданиями бытовых и других помещений, радиус доступности которых не позволяет разместить их вне производственной зоны;

подсобных производств, в которые входят вспомогательные цехи (ремонтно-механические и ремонтно-строительные), станции перекачки, транспортные сооружения;

складские, т.е. сооружения для сырья и готовой продукции.

Нерациональное зонирование территории вызывает перерасход территории, ухудшает связь между отдельными производствами, усложняет обслуживание предприятия, затрудняет его реконструкцию и расширение.

В проектах и схемах планировочной организации земельных участков химических объектов и их групп предусматривается:

а) планировочное зонирование территории с учетом технологических связей, санитарно-гигиенических и противопожарных требований, грузооборота и видов транспорта;

б) рациональные производственные, транспортные и инженерные связи на объектах, между ними, с жилыми и иными зонами;

в) кооперирование участков основных и вспомогательных производств и хозяйств, включая аналогичные производства и хозяйства, обслуживающие жилые и иные планировочные зоны поселения;

г) интенсивное использование территории, включая наземное и подземное пространства при необходимых и обоснованных резервах для расширения объектов;

д) организацию единой сети обслуживания работающих;

е) возможность осуществления строительства и ввода в эксплуатацию пусковыми комплексами или очередями;

ж) благоустройство территории;

з) создание единого архитектурного ансамбля в увязке с архитектурой прилегающих объектов и жилой застройкой;

и) защиту прилегающих территорий от эрозии, заболачивания, засоления и загрязнения подземных вод и открытых водоемов сточными водами, отходами и отбросами предприятий;

к) восстановление (рекультивацию) отведенных во временное пользование земель, нарушенных при строительстве.

В проектах планировки территорий, на которых предусматривается размещение предприятий, технопарков, выделяют *планировочные зоны*:

а) общественного центра, объектов культурно-бытового назначения и иных обслуживающих объектов;

б) участков предприятий, технопарков, логистических центров и т.п.;

в) общих объектов вспомогательных производств и хозяйств.

Деление на планировочные зоны допускается уточнять с учетом конкретных условий строительства.

Производственные здания группируют с учетом общности санитарных и противопожарных требований, а также удобства грузооборота и коротких маршрутов людских потоков.

Бытовые и административно-хозяйственные здания чаще всего располагают со стороны интенсивного движения людских потоков. Основные и подсобные цехи, закрытые прицеповые склады объединяют в блоки зданий одноэтажной или многоэтажной застройки в тех случаях, когда такое объединение целесообразно по производственным условиям и допустимо по санитарно-гигиеническим требованиям, правилам охраны труда и пожарной безопасности. При зонировании территории предприятия следует учитывать, что складские здания и сооружения должны прилегать к транспортным путям. Места хранения огнеопасных жидкостей выполняют с обвалованием и по возможности размещают в низко расположенных местах территории с тем, чтобы в случае пожара горящая жидкость не могла стекать к другим объектам.

Размещение проектируемых цехов должно увязываться с технологическими процессами производства с учетом способов подачи сырья и вывоза готовой продукции.

В **производственной** зоне размещают технологические установки, объекты обслуживающего назначения, относящиеся к отдельным производствам (энергетические установки, сооружения оборотного водоснабжения, бытовые помещения и т. п.), если радиус обслуживания не позволяет разместить их вне производственной зоны.

К зоне **вспомогательных служб** относят объекты вспомогательного назначения (газоспасательные станции, ремонтно-механические, ремонтно-строительные и тарные цехи, станции перекачки разных стоков, размещенные в пределах ограждений территории предприятия).

Складская зона объединяет склады материальные, оборудования, химикатов, масел и т.п.

В **административно-хозяйственную зону** входят заводоуправление, комплекс проходной, столовая, медицинские пункты, пожарное депо, объекты связи и т.п.

Производственная зона выполняет важную роль в формировании структуры генерального плана предприятия, площадь, занимаемая ею, колеблется от 30 до 70% территории предприятия.

Административно-хозяйственная зона объединяет здания и сооружения общезаводского назначения и обычно размещается со стороны подхода основной массы работающих на предприятии. Территория, занимаемая административно-хозяйственной зоной, зависит от величины предприятия.

На мелких предприятиях она достигает 17 %, а на крупных от 1,2 до 3,5 % от общей территории предприятия.

Планировку территории обычно производят по блочной системе. Блок состоит из 2-3 кварталов. Размеры блока определяют, учитывая условия технологического процесса, количество принятых кварталов и радиусы обслуживания производственных установок транспортом (электроснабжением, водоснабжением, канализацией). В пределах кварталов следует предусматривать коммуникационный коридор.

Здания и сооружения должны быть ориентированы торцами к этому коридору. В коммуникационном коридоре размещают технологические материалопроводы, сети теплоснабжения, оборотного водоснабжения и некоторые виды производственной канализации, сети электроснабжения. Основным способом прокладки коммуникаций должен быть наземный, исключение составляют самотечные трубопроводы или трубопроводы хозяйственно-фекальной канализации, противопожарного водопровода.

В целях оздоровления условий труда производственные здания и установки на открытых площадках и этажерках с оборудованием, выделяющим производственные вредности, следует располагать по отношению к прочим производственным объектам и административной зоне с подветренной стороны. Положение территории предприятия должно быть такое, чтобы были обеспечены условия прямого солнечного облучения и естественного проветривания. При составлении генерального плана химического предприятия следует предусмотреть озеленение и благоустройство заводской территории, улучшение условий труда и повышение его производительности.

Застройка территорий предприятий химической и нефтехимической промышленности может быть четырех типов:

- с открытым оборудованием;
- полукрытым и закрытым оборудованием;
- сплошная (павильонная);
- смешанная.

Застройка предприятий с открытым оборудованием представляет собой площадки и этажерки, на которых размещаются различного типа технологическое оборудование (колонны, реакторы, теплообменники и др.).

Оборудование и инженерные сооружения заполняют практически все пространство завода, за исключением немногочисленных зданий обслуживающего назначения. Такого типа предприятия имеют развитую сеть эстакад и коммуникаций, по которым осуществляется передача жидких и газообразных продуктов. Площадки таких предприятий имеют достаточно большую ширину (3–4 квартала).

На предприятиях с полукрытым и закрытым оборудованием в равной мере присутствуют открытые площадки и этажерки, заполненные оборудованием, инженерные сооружения и производственные здания относительно небольшой ширины. Также в равной мере здесь производят трубопроводные передачи жидкостей и газов и передачи сыпучих и

затаренных продуктов конвейерным, пневмо- и автотранспортом. Это предопределяет (при наличии одной складской зоны) небольшую ширину площадки, но с возможностью 2-х кварталного ее построения.

На предприятиях минеральных удобрений, где осуществляется передача материала преимущественно в сыпучем и затаренном виде, а также на предприятиях с большим грузооборотом не зависимо от характера груза применяют двухстороннее размещение складских зон, с двух противоположных сторон площадки, такое предприятие – производство хлорорганических продуктов.

Группа предприятий сплошной (навильонной) застройки – заводы шинной промышленности, химического волокна, пластмасс. Производства здесь размещаются в одном, двух строительных объемах, имеющих значительные размеры по длине и ширине. Технологический процесс осуществляется внутри зданий, открытое оборудование, если оно имеется в малом количестве, размещается на небольшой площадке и этажерке вблизи основных процессов.

Предприятия смешанной застройки – это многопрофильные предприятия, на площадках которых соседствуют производства различных отраслей промышленности, в том числе химической и нефтехимической.

Здания и сооружения следует располагать относительно сторон света и преобладающего направления ветров с учетом обеспечения наиболее благоприятного естественного освещения (инсоляции), проветривания площадки предприятия, предотвращения снежных или песчаных заносов.

Здания и сооружения с повышенной пожарной опасностью или с возможностью выделения вредных веществ располагают с подветренной стороны по отношению к другим постройкам. Помещения и склады легковоспламеняющихся и взрывоопасных веществ размещают на особых участках.

Водозаборные сооружения питьевого и бытового назначения, а при необходимости и производственного водопроводов для предприятий должны быть расположены по течению реки выше населенного пункта и промышленных объектов.

При сбросе сточных вод предприятий в открытые водоемы необходимо предусматривать участки для размещения сооружений по очистке этих вод от загрязняющих веществ. Место сброса сточных вод в реку следует располагать по течению реки ниже населенного пункта.

Пожарное депо необходимо располагать на изолированных участках с выездами на дороги общего пользования. При размещении пожарного депо на территории предприятия должна быть обеспечена возможность подъезда пожарных автомобилей ко всем зданиям, сооружениям, пожарным гидрантам и другим водоисточникам, а также складам пенообразователя.

Предприятия с размерами площадки более 5 га должны иметь не менее двух въездов. К зданиям и сооружениям по всей их длине должен быть обеспечен подъезд пожарных автомобилей.

Санитарные разрывы между зданиями и сооружениями, освещаемыми через оконные проемы, должны быть не менее наибольшей высоты противостоящих зданий.

Площадка предприятия должна быть обеспечена достаточной сетью дорог, которая определяется, не только транспортно-технологическими, но и противопожарными требованиями.

Для хорошего проветривания всей территории главное направление дорог должно быть параллельно направлению господствующих ветров.

Расстояния между складами (открытыми и закрытыми) и от них до зданий и сооружений нормируются и зависят от вместимости склада, видов хранимых материалов, степени огнестойкости здания, а между открытыми технологическими установками, агрегатами и оборудованием и от них до зданий и сооружений – по нормам технологического проектирования.

На площадке предприятия следует предусматривать также достаточную сеть пешеходных тротуаров шириной не менее 1,5 м.

Главный вход на предприятии предусматривается со стороны основного прохода или подъезда к предприятию. При устройстве нескольких проходных пунктов их следует располагать на расстоянии не более 1,5 км друг от друга.

Расстояние от проходных пунктов до входов в бытовые помещения основных цехов, как правило, не должно превышать 800 м. При больших расстояниях необходимо предусматривать внутризаводской транспорт. Ширина ворот автомобильных въездов на площадку предприятия принимается по наибольшей ширине применяемых автомобилей плюс 1,5 м, но не менее 4,5 м, а ширина ворот для железнодорожных въездов не менее 4,9 м.

Основным технико-экономическим показателем генерального плана является *плотность застройки*, которая определяется процентным отношением площади застройки к общей площади. При этом площадь застройки определяется суммой площадей, занятых зданиями и сооружениями всех видов, а также открытыми складами или площадками для хранения готовой продукции.

В соответствии с документами территория предприятий должна быть максимально озеленена и содержаться в чистоте. Проезды и проходы должны быть свободными для движения, выровнены, не иметь рытвин, ям и освещены. Хранение сыпучих и порошковых материалов необходимо осуществлять в закрытых складах. При отсутствии такой возможности санитарные разрывы от открытых складов пылящих материалов до производственных зданий должны быть не менее 20 м, до зданий бытовых помещений – 25 м, а до прочих вспомогательных зданий – 50 м. Эти разрывы должны быть озеленены и регулярно очищаться.

Внутризаводской транспорт. Вид внутризаводского транспорта следует выбирать с учетом величины грузооборота отдельного цеха или группы цехов. При грузообороте до 100 тыс. т нужно отдавать предпочтение

колесному транспорту; при грузообороте от 200 до 400 тыс. т вид транспорта определяется характером груза. В одинаковых условиях предпочтение следует отдавать непрерывным видам транспорта, как более экономичным.

Железнодорожный транспорт для внешних перевозок предусматривают в случае общего грузооборота не менее 10 условных вагонов в сутки.

Проектирование подъездных путей на предприятиях химической промышленности осуществляется на основе проекта районной планировки и увязывается с существующей или проектируемой планировочной застройкой промышленного узла и населенного пункта.

Железнодорожные подъездные пути предприятий допускается проектировать при технико-экономической целесообразности их применения. Проектирование малодеятельных железнодорожных подъездных путей не целесообразно, за исключением случаев, когда к перевозке грузов предъявляются особые требования. При отсутствии подъездных железнодорожных путей для перевозки грузов химических предприятий предусмотрен безрельсовый транспорт с прирельсовых складов или контейнерных площадок. Как правило, железнодорожные пути предприятия проектируются с учетом дальнейшего их развития при расширении предприятия.

Железнодорожные пути на товарно-сырьевом складе должны проектироваться с учетом возможности подачи вагонов на обе стороны сливно-наливных эстакад. Основной автомобильный подъезд и ввод железнодорожных путей предприятия чаще всего проектируются без взаимного пересечения.

К складам готовой продукции (минеральных удобрений, ядохимикатов и др.), наряду с железнодорожными путями, должны предусматриваться автомобильные подъезды и соответствующие устройства для погрузки материалов в автотранспортные средства. Сливо-наливные эстакады для легколетучих и токсических веществ должны быть оборудованы устройствами, ограничивающими возможность выделения паров и газов в атмосферу. Участки сливно-наливных устройств и эстакад имеют покрытия и ограждения в виде бортов. Материалы для покрытий и ограждений этих участков, а также материал шпал железнодорожных путей в пределах участков должны быть устойчивы к агрессивному воздействию переливаемых продуктов и не вызывать взрыва и воспламенения при попадании на них этих продуктов.

При одинаковых технико-экономических показателях надлежит отдавать предпочтение следующим видам непрерывного транспорта в пределах предприятия:

- а) *трубопроводному* – для подачи жидких и газообразных продуктов, шлама, растворов, рассолов и т. п.;
- б) *пневматическому* – для перемещения сухих неслипающихся сыпучих продуктов (полиэтилена, апатитовых концентратов и т. п.);
- в) *конвейерному*:

ленточному – для подачи сыпучих, кусковых и штучных материалов и продуктов (доломитов, суперфосфатов, азотных минеральных удобрений и т. п.);

вибрационному – для транспортирования горячих и сильнопылящих грузов;

г) гидравлическому – для удаления отходов (зола, шлама и т. п.).

При транспортировании сухих сыпучих материалов должны предусматриваться мероприятия, предотвращающие распространение пыли. Для перемещения сыпучих материалов на складах, где по технологическим соображениям не требуется постоянного перемешивания продукта или загрузки его в оборудование, как правило, следует применять напольный и непрерывный транспорт.

3.3 Санитарно-защитная зона химического предприятия

Для предотвращения отрицательного воздействия опасных и вредных производственных факторов на население пред предприятия следует располагать по отношению к жилой застройке с учетом *ветров преобладающего направления* и размеров *санитарно-защитных зон*, устанавливаемых санитарными и санитарно-эпидемиологическим правилами и нормативами проектирования промышленных предприятий.

Основные требования к организации санитарно-защитных зон химических предприятий, их сооружений и иных объектов утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 25 сентября 2007 г. № 74.

В целях обеспечения безопасности населения вокруг объектов и производств, являющихся источниками воздействия вредных и опасных факторов на окружающую среду (природную, техногенную, городскую) и здоровье человека, устанавливается специальная территория с особым режимом использования – **санитарно-защитная зона (СЗЗ)**. Размер СЗЗ должен обеспечивать уменьшение воздействия загрязнения (*химического, биологического, физического*) на атмосферный воздух до значений, установленных гигиеническими нормативами, а для предприятий I и II класса опасности – как до значений, установленных гигиеническими нормативами, так и до величин приемлемого риска для здоровья населения.

В настоящее время широко применяются и другие определения СЗЗ, не противоречащие законодательно установленному.

Санитарно-защитная зона – защитный барьер, обеспечивающий уровень безопасности населения при эксплуатации объекта в штатном режиме.

Санитарно-защитная зона – территория с особым режимом использования, размер которой обеспечивает достаточный уровень безопасности здоровья населения от вредного и опасного воздействия объектов на ее границе и за ней.

Проектирование санитарно-защитных зон осуществляется на всех этапах разработки документации: проектов строительства, реконструкции и эксплуатации химического производства или группы химических объектов и производств. Размеры и границы санитарно-защитной зоны определяются в проекте санитарно-защитной зоны. Разработка проекта санитарно-защитной зоны для объектов I-III класса опасности является обязательной.

В проекте санитарно-защитной зоны должны быть указаны:

- размер и границы санитарно-защитной зоны;
- мероприятия по защите населения от воздействия выбросов вредных и опасных химических примесей в атмосферный воздух и физического воздействия;
- функциональное зонирование территории СЗЗ (с учетом технологических связей, санитарно-гигиенических и противопожарных требований, грузооборота и видов производственного транспорта; обеспечения производственными, транспортными и инженерными коммуникациями) и режим ее использования.

Размеры и границы санитарно-защитной зоны. Для промышленных объектов и производств, сооружений, являющихся источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека, в том числе и химических производств, в зависимости от мощности, условий эксплуатации, характера и количества выделяемых в окружающую среду загрязняющих веществ, создаваемого шума, вибрации и других вредных физических факторов в соответствии с санитарной классификацией промышленных объектов и производств устанавливаются следующие ориентировочные размеры санитарно-защитных зон:

- промышленные объекты и производства первого класса - 1000 м;
- промышленные объекты и производства второго класса - 500 м;
- промышленные объекты и производства третьего класса - 300 м;
- промышленные объекты и производства четвертого класса - 100 м;
- промышленные объекты и производства пятого класса - 50 м.

Санитарная классификация химических производств и размеры ориентировочных санитарно-защитных зон для них:

Класс I - санитарно-защитная зона 1000 м.

1. Производство связанного азота (аммиака, азотной кислоты, азотно-туковых и других удобрений). Комбинаты по производству аммиака, азотосодержащих соединений (мочевина, тиомочевина, гидразин и его производные, др.), азотно-туковых, фосфатных, концентрированных минеральных удобрений, азотной кислоты и др. требуют расширенной санитарно-защитной зоны, определяемой в соответствии с требованиями настоящего нормативного документа.

2. Производство продуктов и полупродуктов анилино-красочной промышленности бензольного и эфирного ряда - анилина, нитробензола, нитроанилина, алкилбензола, нитрохлорбензола, фенола, ацетона, хлорбензола и др.

3. Производство полупродуктов нафталинового и антраценового рядов - бетанафтола, аш-кислоты, фенилперикислоты, перикислоты, антрахинона, фталиевого ангидрида и др.
4. Производство целлюлозы и полуцеллюлозы по кислому сульфитному и бисульфитному или моносульфитному способам на основе сжигания серы или других серосодержащих материалов, а также производство целлюлозы по сульфатному способу (сульфат-целлюлозы)
5. Производство хлора электролитическим путем, полупродуктов и продуктов на основе хлора.
6. Производство редких металлов методом хлорирования (титаномагниевого, магниевые и др.).
7. Производство искусственных и синтетических волокон (вискозного, капронового, лавсана, нитрона) и целлофана.
8. Производство диметилтерефталата.
9. Производство капролактама.
10. Производство сероуглерода.
11. Производство продуктов и полупродуктов для синтетических полимерных материалов.
12. Производство мышьяка и его соединений.
13. Производство по переработке нефти, попутного нефтяного и природного газа.
При переработке углеводородного сырья с содержанием соединения серы выше 1 % (весовых) санитарно-защитная зона должна быть обоснованно увеличена.
14. Производство пикриновой кислоты.
15. Производство фтора, фтористого водорода, полупродуктов и продуктов на их основе (органических, неорганических).
16. Предприятия по переработке горючих сланцев.
17. Производство сажи.
18. Производство фосфора (желтого, красного) и фосфорорганических соединений (тиофоса, карбофоса, меркаптофоса и др.).
19. Производство суперфосфатных удобрений.
20. Производство карбида кальция, ацетилена из карбида кальция и производных на основе ацетилена.
21. Производство искусственного и синтетического каучука.
22. Производство синильной кислоты, органических полупродуктов и продуктов на ее основе (ацетонциангидрина, этиленциангидрина, эфиров метакриловой и акриловой кислот, диизоцианатов и пр.); производство цианистых солей (калия, натрия, меди и др.), цианплава, дицианамиды, цианамиды кальция.
23. Производство ацетилена из углеводородных газов и продуктов на его основе.
24. Производство синтетических химико-фармацевтических и лекарственных препаратов.

25. Производство синтетических жирных кислот, высших жирных спиртов прямым окислением кислородом.
26. Производство меркаптанов, централизованные установки одорирования газа меркаптанами, склады одоранта.
27. Производство хрома, хромового ангидрида и солей на их основе.
28. Производство сложных эфиров.
29. Производство фенолформальдегидных, полиэфирных, эпоксидных и других искусственных смол.
30. Производство метионина.
31. Производство карбониллов металлов.
32. Производство битума и других продуктов из остатков перегона каменноугольного дегтя, нефти, хвои (гудрона, полугудрона и пр.).
33. Производство бериллия.
34. Производство синтетических спиртов (бутилового, пропилового, изопропилового, амилового).
35. Промышленный объект по гидрометаллургии вольфрама, молибдена, кобальта.
36. Производство кормовых аминокислот (кормового лизина, премиксов).
37. Производство пестицидов.
38. Производство боеприпасов, взрывчатых веществ, склады и полигоны.
39. Производство алифатических аминов (моно-ди-три-метиламины, диэтилтриэтиламины и др.) и продуктов на их газификации угля.

Класс II - санитарно-защитная зона 500 м

1. Производство брома, полупродуктов и продуктов на его основе (органических, неорганических).
2. Производство газов (светильного, водяного, генераторного, нефтяного).
3. Станции подземной газификации угля.
4. Производство органических растворителей и масел (бензола, толуола, ксилола, нафтола, крезола, антрацена, фенантрена, акридина, карбозола и др.).
5. Производство по переработке каменного угля и продуктов на его основе (каменноугольного пека, смол и др.).
6. Производство по химической переработке торфа.
7. Производство серной кислоты, олеума, сернистого газа.
8. Производство соляной кислоты.
9. Производство синтетического этилового спирта по сернокислотному способу или способу прямой гидратации.
10. Производство фосгена и продуктов на его основе (парофоров и др.).
11. Производство кислот: аминоксантовой, аминокундекановой, аминокеларгоновой, тиодивалериановой, изофталевой.
12. Производство нитрита натрия, тионилхлорида, углеаммонийных солей, аммония углекислого.
13. Производство диметилформамида.
14. Производство этиловой жидкости.
15. Производство катализаторов.

16. Производство сернистых органических красителей.
17. Производство калийных солей.
18. Производство искусственной кожи с применением летучих органических растворителей.
19. Производство кубовых красителей всех классов азотолов и азоаминов.
20. Производство окиси этилена, окиси пропилена, полиэтилена, полипропилена.
21. Производство 3,3-ди(хлорметил)оксоциклобутана, поликарбоната, сополимеров этилена с пропиленом, полимеров высших полиолефинов на базе нефтяных попутных газов.
22. Производство пластификаторов.
23. Производство пластмасс на основе хлорвинила.
24. Пункты очистки, промывки и пропарки цистерн (при перевозке нефти и нефтепродуктов).
25. Производство синтетических моющих средств.
26. Производство продуктов бытовой химии при наличии производства исходных продуктов.
27. Производство бора и его соединений.
28. Производство парафина.
29. Производство дегтя, жидких и летучих погонов из древесины, метилового спирта, уксусной кислоты, скипидара, терпетинных масел, ацетона, креозота.
30. Производство уксусной кислоты.
31. Производство ацетилцеллюлозы с сырьевыми производствами уксусной кислоты и уксусного ангидрида.
32. Гидролизное производство на основе переработки растительного сырья пентозансоединениями.
33. Производство изоактилового спирта, масляного альдегида, масляной кислоты, винилтолуола, пенопласта, поливинилтолуола, полиформальдегида, регенерации органических кислот (уксусной, масляной и др.), метилпирролидона, поливинилпирролидона, пентаэритрита, уротропина, формальдегида.
34. Производство капроновой и лавсановой ткани.
35. Установки сжижения природного газа, расположенные на газопроводах, месторождениях и газораспределительных станциях магистральных газопроводов, с объемом хранения сжиженного природного газа от 1000 м³.

Класс III - санитарно-защитная зона 300 м.

1. Производство ниобия.
2. Производство тантала.
3. Производство кальцинированной соды по аммиачному способу.
4. Производство аммиачной, калиевой, натриевой, кальциевой селитры.
5. Производство химических реактивов.
6. Производство пластических масс из эфиров целлюлозы.
7. Производство корунда.
8. Производство бария и его соединений.
9. Производство ультрамарина.

10. Производство кормовых дрожжей и фурфурола из древесины и сельскохозяйственных отходов методом гидролиза.
11. Производство никотина.
12. Производство синтетической камфары изомеризационным способом.
13. Производство меламина и циануровой кислоты.
14. Производство поликарбонатов.
15. Производство минеральных солей, за исключением солей мышьяка, фосфора, хрома, свинца и ртути.
16. Производство пластмасс (карболита).
17. Производство фенолформальдегидных прессматериалов, прессованных и намоточных изделий из бумаги, тканей на основе фенолформальдегидных смол.
18. Производство искусственных минеральных красок.
19. Предприятия по регенерации резины и каучука.
20. Производство по изготовлению шин, резинотехнических изделий, эбонита, клееной обуви, а также резиновых смесей для них.
21. Химическая переработка руд редких металлов для получения солей сурьмы, висмута, лития и др.
22. Производство угольных изделий для электропромышленности (щетки, электроугли и пр.).
23. Производство по вулканизации резины.
24. Производство и базисные склады аммиачной воды.
25. Производство ацетальдегида парофазным способом (без применения металлической ртути).
26. Производство полистирола и сополимеров стирола.
27. Производство кремнийорганических лаков, жидкостей и смол.
28. Газораспределительные станции магистральных газопроводов с одоризационными установками меркаптана.
29. Производство себациновой кислоты.
30. Производство винилацетата и продуктов на его основе (полвинилацетата, поливинилацетатной эмульсии, поливинилового спирта, винифлекса и пр.).
31. Производство лаков (масляного, спиртового, типографского, изолирующего, для резиновой промышленности и пр.).
32. Производство ванилина и сахарина.
33. Производство сжатых и сжиженных продуктов разделения.
34. Производство технического саломаса (с получением водорода неэлектролитическим способом).
35. Производство парфюмерии.
36. Производство искусственной кожи на основе поливинилхлорида и других смол без применения летучих органических растворителей.
37. Производство эпихлоргидрина.
38. Производство сжатого азота, кислорода.
39. Производство кормовых дрожжей.

40. Производство по переработке нефтепродуктов на установках с паровым испарением и производительностью не более 0,5 т/час по перерабатываемому сырью.

41. Производство синтетических смол производительностью до 400 тыс. тонн в год в натуральном исчислении и формалина на окисном катализаторе до 200 тыс. тонн в год.

42. Исключен.

43. Установки сжижения природного газа, расположенные на газопроводах, месторождениях и газораспределительных станциях магистральных газопроводов, с объемом хранения сжиженного природного газа от 250 до 1000 м³.

Класс IV - санитарно-защитная зона 100 м.

1. Производство тукосмесей.

2. Производство по переработке фторопластов.

3. Производство бумаги из готовой целлюлозы и тряпья.

4. Производство глицерина.

5. Производства галалита и других белковых пластиков (аминопласты и др.).

6. Производство эмалей на конденсационных смолах.

7. Производство мыла.

8. Производства солеваренные и солеразмольные.

9. Производство фармацевтических солей калия (хлористого, серноокислого, поташа).

10. Производство минеральных естественных (мела, охры и др.) красок.

11. Производство дубильного экстракта.

12. Заводы полиграфических красок.

13. Производство фотохимическое (фотобумаги, фотопластинок, фото- и киноплёнки).

14. Производство товаров бытовой химии из готовых исходных продуктов и склады их хранения.

15. Производство олифы.

16. Производство стекловолокна.

17. Производство медицинского стекла (без применения ртути)

18. Производства по переработке пластмасс (литье, экструзия, прессование, вакуум-формование).

19. Производство полиуретанов.

20. Установки сжижения природного газа, расположенные на газопроводах, месторождениях и газораспределительных станциях магистральных газопроводов, с объемом хранения сжиженного природного газа от 50 до 250 м³.

Класс V - санитарно-защитная зона 50 м.

1. Производство готовых лекарственных форм (без изготовления составляющих).

2. Производство бумаги из макулатуры.

3. Производство изделий из пластмасс и синтетических смол (механическая обработка).

4. Производство углекислоты и «сухого льда».
5. Производство искусственного жемчуга.
6. Производство спичек.
7. Установки сжижения природного газа, расположенные на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях, газопроводах, месторождениях и газораспределительных станциях магистральных газопроводов, с объемом хранения сжиженного природного газа до 50 м³.

Критерием для определения размера СЗЗ является *непревышение* на ее внешней границе и за ее пределами предельно допустимых концентраций и предельно допустимых уровней загрязняющих веществ и физических воздействий на атмосферный воздух.

Границы санитарно-защитной зоны устанавливаются от источников химического и/или физического воздействия, либо от границы земельного участка, принадлежащего промышленному производству и объекту для ведения хозяйственной деятельности и оформленного в установленном порядке (промышленная площадка), до ее внешней границы в заданном направлении (до границ территорий объектов социального назначения).

Ориентировочный размер СЗЗ промышленных производств и объектов (химических производств) разрабатывается последовательно:

расчетная (предварительная) СЗЗ, выполненная на основании проекта с расчетами рассеивания загрязнения атмосферного воздуха и физического воздействия на атмосферный воздух (шум, вибрация, ЭМП и др.) с оценкой риска здоровью для промышленных объектов и производств I и II классов опасности;

территория расчетной (предварительной) СЗЗ предназначена для: обеспечения снижения уровня воздействия до требуемых гигиенических нормативов по всем факторам воздействия за ее пределами, создания санитарно-защитного и эстетического барьера между территорией предприятия (группы предприятий) и территорией жилой застройки, организации дополнительных озелененных площадей, обеспечивающих экранирование, ассимиляцию, фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха и повышение комфортности микроклимата;

расчетная СЗЗ разрабатывается для химических производств и объектов: вновь строящихся, реконструируемых, находящихся в стадии технического перевооружения, при увеличении мощности, изменении технологических процессов, применении технологий, не имеющих аналогов на территории Российской Федерации, которые являются источниками воздействия на среду обитания и здоровье человека.

установленная (окончательная) СЗЗ на основании результатов натурных наблюдений и измерений для подтверждения расчетных параметров.

В случае несовпадения размера расчетной СЗЗ и полученной на основании оценки риска (в частности для предприятий I-II класса опасности), натурных исследований и измерений химического и физического

воздействия окружающую среду решение по размеру санитарно-защитной зоны принимается по варианту, обеспечивающему наибольшую безопасность для здоровья населения!!!

Размер СЗЗ для действующих объектов может быть уменьшен при:

- объективном доказательстве достижения уровня химического и физических воздействий на атмосферный воздух до ПДК и ПДУ и ниже на границе СЗЗ и за ее пределами по материалам систематических лабораторных наблюдений для предприятий I и II класса опасности (не менее пятидесяти дней исследований на каждый ингредиент в отдельной точке) и измерений и оценке риска для здоровья;
- объективном доказательстве достижения уровня химического и физических воздействий на атмосферный воздух до ПДК и ПДУ и ниже на границе СЗЗ и за ее пределами по материалам систематических лабораторных наблюдений для промышленных объектов и производств III, IV, V классов опасности по данным натурных исследований приоритетных показателей за состоянием загрязнения атмосферного воздуха (не менее тридцати дней исследований на каждый ингредиент в отдельной точке) и измерений;
- подтверждении измерениями уровней физического воздействия на атмосферный воздух на границе санитарно-защитной зоны до гигиенических нормативов и ниже;
- изменении класса опасности;
- внедрении передовых технологических решений, эффективных очистных сооружений, направленных на сокращение уровней воздействия на среду обитания.

Для промышленных объектов и производств, *не включенных в санитарную классификацию*, а также с *новыми, недостаточно изученными технологиями*, размер СЗЗ устанавливается в каждом конкретном случае Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации (если в соответствии с расчетами ожидаемого загрязнения атмосферного воздуха они относятся к I и II классам опасности), в остальных случаях – Главным государственным санитарным врачом субъекта РФ или его заместителем.

Режим использования территории санитарно-защитной зоны. В СЗЗ *не допускается размещать:* жилую застройку, включая отдельные жилые дома, ландшафтно-рекреационные зоны, зоны отдыха, территории курортов, санаториев и домов отдыха, территории садоводческих товариществ и коттеджной застройки, коллективных или индивидуальных дачных и садово-огородных участков, а также другие территории с нормируемыми показателями качества среды обитания; спортивные сооружения, детские площадки, образовательные и детские учреждения, лечебно-профилактические и оздоровительные учреждения общего пользования.

В СЗЗ и на территории химических производственных объектов *не допускается размещать* объекты по производству лекарственных веществ, лекарственных средств и (или) лекарственных форм, склады сырья и

полупродуктов для фармацевтических предприятий; объекты пищевых отраслей промышленности, оптовые склады продовольственного сырья и пищевых продуктов, комплексы водопроводных сооружений для подготовки и хранения питьевой воды, которые могут повлиять на качество продукции.

Допускается размещать в границах СЗЗ химического производства:

- нежилые помещения для дежурного аварийного персонала, здания управления, конструкторские бюро, здания административного назначения, научно-исследовательские лаборатории, медицинские пункты, спортивно-оздоровительные сооружения закрытого типа, бани, прачечные, объекты торговли и общественного питания, гаражи, площадки и сооружения для хранения общественного и индивидуального транспорта, пожарные депо, местные и транзитные коммуникации, ЛЭП, электроподстанции, нефте- и газопроводы, артезианские скважины для технического водоснабжения, водоохлаждающие сооружения для подготовки технической воды, канализационные насосные станции, сооружения оборотного водоснабжения, автозаправочные станции, станции технического обслуживания автомобилей;
- объектов пищевых отраслей промышленности, оптовых складов продовольственного сырья и пищевой продукции, производства лекарственных веществ, лекарственных средств и (или) лекарственных форм, складов сырья и полупродуктов для фармацевтических предприятий новые профильные, однотипные объекты, при исключении взаимного негативного воздействия на продукцию, среду обитания и здоровье человека.

Санитарно-защитная зона или какая-либо ее часть не может рассматриваться как резервная территория объекта и использоваться для расширения промышленной или жилой территории без соответствующей обоснованной корректировки границ санитарно-защитной зоны.

3.4 Благоустройство земельного участка

На территории современных, а также крупных химических объектов предусматривается современная система благоустройства земельного участка.

Свободное пространство производственного предприятия – предзаводская зона, как правило, предназначена для проведения общественных мероприятий. Размер предзаводской площади принимают из расчета 0,6...0,9 га на 1000 чел., работающих на предприятии. При размещении элементов благоустройства и зеленые насаждения следует отводить до 40...50 % территории площади.

Обязательный перечень элементов комплексного благоустройства на территории предзаводской площади включает в себя:

- различные типы зеленых насаждений (газон, цветники, группы кустарников, солитеры из деревьев);
- мощение из твердых видов покрытия с элементами сопряжения различных поверхностей (газон, площадки, магистрали и т.д.);
- скамьи, урны, контейнеры для мусора;

- осветительное оборудование;
- носители информационного оформления предприятия.

Озеленение. Объекты, расположенные в климатических районах, подверженных за три наиболее холодные месяца воздействию ветров со средней скоростью более 10 м/с, должны быть защищены полосами древесных насаждений (с шириной не менее 40 м) со стороны ветров преобладающего направления.

Для озеленения земельного участка следует применять местные виды растений с учетом их санитарно-защитных и декоративных свойств и устойчивости к вредным веществам, выделяемым предприятиями. Существующие древесные насаждения следует по возможности сохранять.

В зоне расположения объектов пищевой промышленности, цехов с точными процессами производства, а также воздуходувных, компрессорных и мотороиспытательных станций запрещается применять древесные насаждения, выделяющие при цветении хлопья, волокнистые вещества и опушенные семена. На земельных участках химических объектов, выделяющих вредные вещества в атмосферу, не допускается размещение древесно-кустарниковых насаждений в виде плотных групп и полос, вызывающих скопление вредностей. Для объектов с производствами, выделяющими аэрозоли, не следует предусматривать декоративные водоемы, фонтаны, дождевые установки, т.к. они способствуют увеличению концентрации вредных веществ на площадках.

Площадь участков, предназначенных для озеленения, не должна, как правило, превышать 15 % территории объекта.

Если на территории объекта возведены охладительными прудами и брызгательными бассейнами, то расстояния между древесными насаждениями и сооружениями должны быть не менее 40 м.

Основным видом озеленения земельных участков производственных объектов чаще предусматривают газоны.

Мощение из твердых видов покрытия. Тротуары должны размещаться не ближе 3,75 м от оси ближайшего железнодорожного пути. Сокращение этого расстояния допускается при устройстве перил, ограждающих тротуар. Расстояние от оси железнодорожного пути, по которому производятся перевозки горячих грузов, до тротуаров должно быть не менее 5 м.

Ширину тротуара следует принимать кратной полосе движения шириной 0,75 м. Число полос движения по тротуару устанавливается в зависимости от количества работающих, занятых в наиболее многочисленной смене в здании, к которому ведет тротуар, из расчета 750 чел. в смену на одну полосу движения. Ширина тротуара должна быть не менее 1,5 м. При интенсивности пешеходного движения менее 100 чел.-час в обоих направлениях допускается устройство тротуаров шириной 1 м.

При размещении тротуаров рядом или на общем с автомобильной дорогой земляном полотне они должны быть отделены от дороги разделительной полосой шириной не менее 0,8 м. Расположение тротуаров

вплотную к проезжей части автомобильной дороги допускается только в условиях реконструкции объекта. При примыкании тротуара к проезжей части тротуар должен быть на уровне верха бортового камня, т.е., как правило, на 15 см выше проезжей части.

Пересечение пешеходного движения с железнодорожными путями в местах массового прохода работающих, как правило, не допускается. При обосновании необходимости устройства указанных пересечений переходы в одном уровне следует оборудовать светофорами и звуковой сигнализацией, а также обеспечивать видимость. Пересечения автомобильных дорог с пешеходными путями проектируется в соответствии с нормами.

Площадки для отдыха трудящихся. Площадки для отдыха трудящихся и гимнастических упражнений следует размещать с наветренной стороны по отношению к производствам с вредными выбросами в атмосферу.

В левом верхнем углу генерального плана размещают *розу ветров*. Розу ветров строят в соответствующем масштабе следующим образом. Окружность делят на 8 равных частей и в результате получают 8 румбов: С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ. От центра окружности (начала координат) откладывают в выбранном масштабе (1 см = 5%) процент повторяемости ветров по соответствующим румбам. Полученные точки соединяют. В круге, расположенном в центре розы ветров, указываются число дней штиля в году. В розе ветров направление ветра характеризуется вектором, направленным от вершины соответствующего румба к центру.

§4 Размещение инженерных коммуникаций

Для химических объектов и их групп следует проектировать единую систему размещения инженерных коммуникаций, в технических полосах, обеспечивающих занятие наименьших участков территории и увязку с размещением зданий и сооружений.

На земельных участках объектов следует предусматривать преимущественно наземный и надземный способы размещения инженерных коммуникаций.

В предзаводских зонах и общественных центрах объектов и их групп предусматривается, как правило, подземное размещение инженерных коммуникаций.

Допускается совместное подземное размещение трубопроводов оборотного водоснабжения, тепловых сетей и газопроводов с технологическими трубопроводами, независимо от параметров теплоносителя и параметров среды в технологических трубопроводах.

Размещение коммуникаций с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями и газами под зданиями и сооружениями не допускается. Выбор способа размещения силовых кабельных линий следует предусматривать в соответствии с требованиями правил.

При размещении теплопроводов допускается пересечение производственных, административных и бытовых зданий.

4.1 Подземные, наземные и надземные коммуникации

Подземные коммуникации, как правило, прокладывают вне проезжей части автомобильных дорог и местах, свободных от застроек (вентиляционные шахты, входы и другие устройства каналов и тоннелей и т.д.). При бесканальной прокладке допускается размещение коммуникаций в пределах обочин.

В климатических зонах с наличием вечномерзлых грунтов инженерные коммуникации прокладывают совместно в тоннелях и каналах, предотвращая изменение температурного режима грунтов оснований ближайших зданий и сооружений. Водопроводные, канализационные и дренажные трубопроводы следует размещать в зоне температурного влияния теплопроводов.

В каналах и тоннелях допускается размещение газопроводов горючих газов (природных, попутных нефтяных, искусственных смешанных и сжиженных углеводородных) с давлением газа до 0,6 МПа совместно с другими трубопроводами и кабелями связи при вентиляции и освещении в каналах и тоннелях в соответствии с санитарными нормами при условии устройства автоматического контроля загазованности, вентиляции и освещения во взрывозащищенном исполнении.

Не допускается совместное размещение в канале и тоннеле:

газопроводов горючих газов с кабелями силовыми и освещения за исключением кабелей для освещения самого канала или тоннеля;

теплопроводов с газопроводами сжиженного газа, кислородопроводами, азотопроводами, трубопроводами холода, трубопроводами с легковоспламеняющимися, летучими химически едкими и ядовитыми веществами и со стоками бытовой канализации;

трубопроводов легковоспламеняющихся и горючих жидкостей с силовыми кабелями и кабелями связи, с трубопроводами противопожарного водопровода и самотечной канализации;

кислородопроводов с газопроводами горючих газов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей с трубопроводами ядовитых жидкостей и с силовыми кабелями.

Подземные инженерные коммуникации следует размещать параллельно в общей траншее; при этом расстояния между инженерными коммуникациями, а также от коммуникаций до фундаментов зданий и сооружений следует принимать минимально допустимыми, исходя из размеров и размещения камер, колодцев и других устройств на этих сетях, условий монтажа и ремонта сетей.

При пересечении инженерных коммуникаций расстояния по вертикали (в свету) должны быть, не менее:

а) между трубопроводами или электрокабелями, кабелями связи и железнодорожными и трамвайными путями, считая от подошвы рельса, или

автомобильными дорогами, считая от верха покрытия до верха трубы (или ее футляра) или электрокабеля, – по расчету на прочность сети, но не менее 0,6 м;

б) между трубопроводами и электрическими кабелями, размещаемыми в каналах или тоннелях, и железными дорогами расстояние по вертикали, считая от верха перекрытия каналов или тоннелей до подошвы рельсов железных дорог, – 1 м, до дна кювета или других водоотводящих сооружений или основания насыпи железнодорожного земляного полотна – 0,5 м;

в) между трубопроводами и силовыми кабелями напряжением до 35 кВ и кабелями связи – 0,5 м;

г) между силовыми кабелями напряжением 110 – 220 кВ и трубопроводами – 1 м;

д) в условиях реконструкции предприятий при условии соблюдения требований ПУЭ расстояние между кабелями всех напряжений и трубопроводами допускается уменьшать до 0,25 м;

е) между трубопроводами различного назначения (за исключением канализационных, пересекающих водопроводные, и трубопроводов для ядовитых и дурнопахнущих жидкостей) – 0,2 м;

ж) трубопроводы, транспортирующие воду питьевого качества, следует размещать выше канализационных или трубопроводов, транспортирующих ядовитые и дурнопахнущие жидкости, на 0,4 м;

з) допускается размещать стальные, заключенные в футляры трубопроводы, транспортирующие воду питьевого качества, ниже канализационных, при этом расстояние от стенок канализационных труб до обреза футляра должно быть не менее 5 м в каждую сторону в глинистых грунтах и 10 м – в крупнообломочных и песчаных грунтах, а канализационные трубопроводы следует предусматривать из чугунных труб;

и) вводы хозяйственно-питьевого водопровода при диаметре труб до 150 мм допускается предусматривать ниже канализационных без устройства футляра, если расстояние между стенками пересекающихся труб 0,5 м;

к) при бесканальной прокладке трубопроводов водяных теплопроводов открытой системы теплоснабжения или горячего водоснабжения расстояния от этих трубопроводов до расположенных ниже и выше канализационных трубопроводов должны приниматься 0,4 м.

Пересечения трубопроводов с железнодорожными и трамвайными путями, а также с автодорогами должны предусматриваться, как правило, под углом 90°. В отдельных случаях при соответствующем обосновании допускается уменьшение угла пересечения до 45°. Расстояние от теплопроводов до начала остряков, хвоста крестовин и мест присоединения к рельсам отсасывающих кабелей должно приниматься не менее 3 м для трамвайных путей и 10 м – для железных дорог. Соответствующие расстояния для газопроводов следует принимать в соответствии с требованиями СП 62.13330.

Наземные коммуникации

При наземном размещении необходимо предусматривать защиту коммуникаций от механических повреждений и неблагоприятного атмосферного воздействия. Наземные коммуникации следует размещать на шпалах, уложенных в открытых лотках, на отметках ниже планировочных отметок площадок (территории). Допускаются другие виды наземного размещения (в каналах и тоннелях, укладываемых на поверхность территории или на сплошную подсыпку, в каналах и тоннелях полузаглубленного типа, в открытых траншеях и др.).

Трубопроводы для токсичных продуктов, трубопроводы, по которым транспортируются кислоты и щелочи, а также трубопроводы бытовой канализации не допускается размещать в открытых траншеях и лотках.

Наземные коммуникации не допускается размещать в пределах полосы, отведенной для укладки подземных коммуникаций в траншеях и каналах, требующих периодического доступа к ним при эксплуатации.

Надземные коммуникации

Надземные коммуникации следует размещать на опорах, эстакадах, в галереях или на стенах зданий и сооружений.

Не допускается размещение надземных коммуникаций:

- а) транзитных наружных трубопроводов с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями и газами по эстакадам, отдельно стоящим колоннам и опорам из горючих материалов, а также по стенам и кровлям зданий за исключением зданий I, II, IIIa степеней огнестойкости с производствами категорий В, Г и Д;
- б) трубопроводов с горючими жидкими и газообразными продуктами в галереях, если смешение продуктов может вызвать взрыв или пожар;
- в) трубопроводов с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями и газами по сгораемым покрытиям и стенам; по покрытиям и стенам зданий категорий А и Б по взрывопожароопасности;
- г) газопроводов горючих газов: по территории складов легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и материалов.

Надземные трубопроводы для легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, прокладываемые на отдельных опорах, эстакадах и т.п., следует размещать на расстоянии не менее 3 м от стен зданий с проемами, от стен без проемов это расстояние может быть уменьшено до 0,5 м.

Размещение надземных газопроводов следует предусматривать с учетом требований СП 62.13330.

4.2 Электроснабжение, силовое электрооборудование

При выборе энерготехнологических схем химических производств чаще рассматривают применения электрических генераторов (за счет использования вторичных энергетических ресурсов), позволяющих повышать устойчивость работы электродвигателей. Межцеховую канализацию электроэнергии на площадках предприятий при передаче

больших мощностей осуществляют по надземным трассам, отдавая предпочтение открытым токопроводам. Открытые токопроводы, питающие энергоемкие предприятия, прокладывают на отдельно стоящих опорных конструкциях и не совмещают их с другими надземными коммуникациями.

Распределительные устройства и пусковые аппараты для электроприемников, устанавливаемых во взрывоопасных помещениях, а также в помещениях с химически активной средой следует, как правило, применять в общепромышленном исполнении, размещая их в отдельных электропомещениях с нормальной средой.

Электрооборудование и электрические сети, размещаемые непосредственно в помещениях с химически активной средой, должны быть в соответствующем исполнении или с покрытием, обеспечивающим защиту их от воздействия этой среды. Места прокладки электрических сетей и способы защиты их от коррозии выбирают с учетом свойств окружающей среды.

Электродвигатели механизмов, не допускающих перерыва в работе в результате кратковременных понижений напряжения в сети снабжены устройствами для самозапуска.

Контрольные вопросы к разделу 2

1. Назовите основные направления обеспечения промышленной безопасности на химическом производстве.
2. Генеральный план производства. Сформулируйте основные принципы проектирования территории химического производства.
3. Назовите условия, определяющие размеры санитарно-защитной зоны химического предприятия.
4. Сформулируйте особенности режим использования территории санитарно-защитной зоны.
5. Опишите особенности благоустройство земельного участка производства как одного из важных факторов инженерной защиты.
6. Особенности размещения инженерных коммуникаций.

Список использованных источников к разделу 2

1. **Федеральный Закон** «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 года № 52-ФЗ (с изменениями на 26 июля 2019 года) // [Электронный ресурс]: – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22481/ (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

2. **Федеральный Закон** «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.1999 № 96-ФЗ // [Электронный ресурс]: – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22971/ (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

3. **Постановление главного государственного санитарного врача РФ** от 25 сентября 2007 года № 74 О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (с изменениями на 25 апреля 2014 года) // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902065388> (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

4. **Свод правил СП 18.13330.2011** «Генеральные планы промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП II-89-80*». Издание официальное. Москва, 2011. 49 с. // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084088> (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

5. **Свод правил СП 42.13330.2011**. «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*» (утв. Приказом Минрегиона РФ от 28.12.2010 N 820) // [Электронный ресурс]: https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPGR_28.12.2010.pdf (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

6. **Свод правил СП 34.13330.2012** Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* (с Изменениями N 1, 2) // [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/1200095524> (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

7. **Свод правил СП 62.13330.2011** «Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002» (с Изменениями N 1, 2) // [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/1200084535> (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

8. **Свод правил СП 2.2.1.1312-03** «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий». Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности химически опасных производственных объектов», Москва // [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/901862522> (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

9. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание 7 // [Электронный ресурс]: <https://tech-expro.ru/pue/> (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

Раздел 3 ИНЖЕНЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

§5 Классификация промышленных зданий, требования, предъявляемые к ним

Промышленные здания, производственные здания промышленных предприятий – это объекты, предназначены для размещения промышленных производств и обеспечения необходимых условий для труда людей и эксплуатации технологического оборудования.

5.1 Классификация промышленных зданий

Промышленные здания представляют собой большое разнообразие объемно-планировочных и конструктивных решений. Особенностью промышленных зданий является их зависимость от технологических требований.

Промышленные предприятия классифицируют по **отраслям** производства.

По **назначению** промышленные здания и сооружения подразделяют на:

основные производственные, в которых размещают основные технологические процессы предприятия и изготавливают продукцию (мартеновские, прокатные, сборочные, ткацкие, кондитерские цехи и др.);

подсобно-производственные, предназначенные для размещения вспомогательных процессов неосновных производства (ремонтные, инструментальные, ремонтно-механические, экспериментальные цехи и т.д.);

обслуживающие энергетические, в которых размещают установки, снабжающие предприятие электроэнергией, сжатым воздухом, паром и газом (ТЭЦ, электрические подстанции, котельные, компрессорные, газогенераторные и воздухоудувные станции, кислородные и т.д.);

транспортные, предназначенные для размещения и обслуживания средств транспорта, находящегося в распоряжении предприятия (гаражи, электровозное депо и др.);

складские, необходимые для хранения сырья, заготовок, полуфабрикатов, готовой продукции, горючесмазочных материалов и т.д.;

санитарно-технические, предназначенные для обслуживания сетей водоснабжения и канализации, для защиты окружающей среды от загрязнения (насосные и очистные станции, водонапорные башни и т.п.);

вспомогательные (административные и бытовые) здания для размещения административно-конторских и бытовых помещений, столовых, медпунктов и т.д.

По **капитальности** промышленные здания подразделяют на четыре класса. К I классу относят здания, к которым предъявляют наиболее высокие

требования, а к IV – здания с минимально необходимыми прочностью и долговечностью (таблица 4).

Таблица 4 – Классификация зданий по капитальности.

Конструктивные элементы	Группа капитальности			
	I	II	III	IV
Стены	Сплошная кладка из кирпича, крупных блоков или из железобетонных панелей		Облегченная кладка из всех видов кирпича или из легких камней	Деревянные, брусчатые, рубленые
Заполнение фахверка каркасных стен	Кирпич, шлакобетонные камни и другие облегченные блоки и камни, крупные панели, металлические или асбестоцементные листы		-	-
Колонны и столбы	Металлические или железобетонные	Железобетонные или кирпичные	Кирпичные или деревянные	Деревянные
Междуэтажные и чердачные перекрытия	Железобетонные		Деревянные	
Бесчердачные перекрытия	Металлические	Железобетонные	Деревянные	

К I классу относят здания, к которым предъявляются наиболее высокие требования по прочности и долговечности, срок их службы – не менее 100 лет. Срок службы зданий II и III класса — не менее 50 и 20 лет соответственно. Долговечность зданий IV класса не нормируется. Для каждого класса установлены требуемые эксплуатационные качества, а также долговечность и огнестойкость основных конструкций здания.

По **огнестойкости** здания и сооружения подразделяют на 4 степени. Степень огнестойкости зданий определяется пределами огнестойкости строительных конструкций. Предел огнестойкости строительных конструкций устанавливается по времени (мин.) наступления одного или последовательно нескольких, нормируемых для данной конструкции, признаков предельных состояний: потери несущей способности, потери целостности и потери теплоизолирующей способности. Требуемая степень огнестойкости зданий устанавливается на стадии проектирования по пределам огнестойкости основных конструктивных элементов здания: несущих (колонны, внутренние стены и др.), наружных стен, междуэтажных перекрытий, покрытия и лестничных клеток.

По **архитектурно-конструктивным** признакам подразделяют:

- *по этажности*: одноэтажные, двухэтажные, многоэтажные, смешанной этажности. В современном строительстве преобладают одноэтажные здания (около 80% общего объема строительства). Применение многоэтажных промышленных зданий ограничивается производствами с относительно легким технологическим оборудованием, размещаемым на междуэтажных перекрытиях. Многоэтажные здания также целесообразны в случаях, когда технологический процесс организован по вертикальной схеме и материалы могут перемещаться за счет собственного веса (например, склады сыпучих материалов). Многоэтажные промышленные здания проектируют, кроме того, при ограниченных размерах территории.

- *по подъёмно-транспортному оборудованию* на: крановые, снабженные мостовыми (электрическими) и подвесными (электрическими или ручными) кранами, и бескрановые;

- *по виду освещения*;
- *по системам воздухообмена*;
- *по температурному режиму производственных помещений*;
- *по конструктивным схемам покрытий*;
- *по материалу основных несущих конструкций*;
- *по числу пролетов*.

В состав промышленного предприятия кроме промышленных зданий обычно входят **промышленные сооружения**. Сооружения не содержат помещения для пребывания людей.

К ним относятся:

- сооружения для промышленного транспорта (эстакады для мостовых кранов, наклонные галереи и др.);
- сооружения для коммуникаций (тоннели, каналы, отдельные опоры и эстакады и пр.);
- устройства для установки оборудования (фундаменты под машины);
- этажерки (в зданиях и открытые) для размещения оборудования, которые могут располагаться снаружи промышленных зданий или внутри них (например, в производств, зданиях павильонного типа);
- *специальные сооружения* (емкости для хранения жидкостей, бункера для хранения сыпучих материалов, дымовые трубы, водонапорные башни, резервуары, газгольдеры, градирни, силосы, дымовые трубы, эстакады, опоры, мачты и пр.).

К промышленным зданиям предъявляется ряд требований, которые можно разделить на **функциональные, технические, архитектурно-художественные и экономические**.

Функциональные (технологические) требования заключаются в том, что здание должно полностью соответствовать своему назначению, т.е.

обеспечивать размещение технологического оборудования и ведение технологического процесса. Здание должно обеспечивать нормальное функционирование размещаемого в нем технологического оборудования и нормальный ход технологического процесса в целом. С этой целью при проектировании здания составляют технологическую часть проекта и решают все вопросы, связанные с выбором способа производства, типов оборудования, его производительности и т.д.

Технологическая часть проекта должна содержать:

- план расстановки технологического оборудования (с указанием проездов, проходов, участков складирования и др.);
- габаритную высоту стационарного оборудования;
- сведения о внутрицеховом транспорте (вид, грузоподъемность, габариты и т.д.);
- параметры внутреннего микроклимата (температура и влажность воздуха, степень его чистоты и др.);
- категорию производства по степени пожарной опасности; количество работающих в цехе.

Технические требования состоят в обеспечении прочности, устойчивости, долговечности зданий, в снижении пожарной опасности для работающих, а также возведение зданий индустриальными методами. Перечисленные качества характеризуют надежность здания. К техническим требованиям относят также требования по пожарной, взрывопожарной и взрывной опасности.

Архитектурно-художественные требования заключаются в том, что здание должно иметь привлекательный (красивый внешний и внутренний) облик, удовлетворяющий художественным (эстетическим) запросам людей с учетом значимости здания, способствовать созданию у них благоприятных эмоций. Внимание уделяется комплексности застройки, созданию цельного архитектурного промышленного ансамбля.

Технологический процесс является основным фактором, определяющим архитектурно-строительное решение здания, его санитарно-техническое и инженерное оснащение. С учетом технологических требований выбирают вид и материал несущих ограждающих конструкций, тип и грузоподъемность внутрицехового подъемно-транспортного оборудования, обеспечивают необходимые санитарно-гигиенические условия работающим в цехе, качество и характер отделки и т.д.

Экономические требования заключаются в обеспечении минимально необходимых затрат на строительство и эксплуатацию проектируемого здания. Задачи экономических требований – это оптимальные, научно обоснованные расходы средств на строительство и эксплуатацию проектируемых зданий. Для этого обычно принимают несколько вариантов объемно-планировочных и конструктивных решений и сравнивают их по основным технико-экономическим показателям.

5.2 Основные требования, учитываемые при проектировании зданий

Объемно-планировочное решение любого промышленного здания является частью инженерной защиты объекта в целом.

Объемно-планировочное решение любого промышленного здания зависит, прежде всего, от характера располагаемого в нем технологического оборудования.

Сложно, практически невозможно спроектировать цех с высоким уровнем безопасности, не зная последовательности технологических операций, характера, размещения и габаритов технологического оборудования, расположения мест подачи и выхода сырья, полуфабрикатов и готовой продукции и т.д. Поэтому здания и сооружения проектируют в соответствии с принятой технологической схемой производства, тщательно изучаемой перед началом разработки архитектурно-строительной части объекта.

Проектирование производственных зданий, помещений и сооружений должно осуществляться так, чтобы персонал, не занятый обслуживанием технологических процессов и оборудования, не подвергался воздействию вредных факторов выше нормируемых параметров. В противном случае, независимо от специальности и выполняемой работы, указанные лица рассматриваются как работающие с вредными факторами и обеспечиваются всеми видами социальной защиты, предусмотренными для таковых.

Объем, планировка и строительные решения производственных зданий должны обеспечивать возможность выполнения мероприятий, необходимых для соблюдения допустимых уровней вредных факторов в рабочей зоне производственных помещений и атмосферном воздухе населенных мест.

Рассматривая вопрос о размещении технологического оборудования, в первую очередь определяют возможность установки его на *открытых площадках* (предусматривая при необходимости местные укрытия – навесы и др.), что значительно увеличивает степень безопасности эксплуатации оборудования в результате снижения вероятности появления в воздухе веществ токсичных и взрывоопасных концентраций, снижает расходы на строительство и т.д.

Для размещения оборудования, которое не может функционировать на открытом воздухе из-за неблагоприятных воздействий атмосферных осадков, ветра и пыли, но эксплуатация которого не требует поддержания определенной плюсовой температуры и наличия постоянного обслуживающего персонала, проектируют *неотапливаемые здания* из облегченных конструкций. В остальных случаях проектируют *отапливаемые здания*.

Помещения и участки для производств с избытками явного тепла, а также для производств со значительными выделениями вредных газов, паров и пыли следует размещать у наружных стен зданий и сооружений. Наибольшая сторона этих помещений должна примыкать к наружной стене

здания или сооружения. Если по условиям технологии указанные производственные участки не могут быть размещены у наружных стен зданий и сооружений, то допускается иное размещение с обязательным обеспечением притока наружного воздуха системами вентиляции.

Для размещения производств с горизонтальным технологическим процессом, с тяжелым и крупногабаритным оборудованием обычно проектируют одноэтажные здания. Производства, с вертикальным технологическим процессом предпочтительно размещать в многоэтажных зданиях.

Строительство одноэтажных промышленных зданий требует больших территорий, а кроме того, такие здания, в сравнении с многоэтажными, имеют значительно большую площадь наружных ограждающих конструкций, что приводит к увеличению потерь тепла в холодный период года. Однако, в одноэтажных зданиях возможно более свободное размещение технологического оборудования и перемещение его при модернизации технологического процесса. Многоэтажные здания более целесообразны для размещения производств с небольшими нагрузками, вызываемыми массой оборудования, при строительстве в местностях с холодным климатом, в пределах городов.

Большое значение при проектировании имеет выбор конструктивной схемы здания. Для одно- и многоэтажных промышленных зданий наиболее целесообразна *каркасная схема*, при которой все нагрузки, возникающие в здании, воспринимает его несущий остов (каркас), образуемый вертикальными несущими элементами (колоннами), на которые опираются конструкции покрытия и перекрытия.

Объемно-планировочные решения зданий и сооружений химических производств должны обеспечивать эффективное использование их площадей и объемов и допускать изменение планировки помещений, обслуживающих площадок, этажерок, антресолей и т.п. путем применения сборно-разборных конструкций. Для размещения производств с неустановившимся технологическим процессом и с кратковременными сроками эксплуатации (до 5 лет), как правило, проектируют сборно-разборные здания.

При выборе *строительного материала* для конструкций здания руководствуются требованиями прочности, долговечности, удобства возведения, стойкости к воздействиям атмосферной среды, эксплуатационным воздействиям, огнестойкости. Основной материал несущих конструкций промышленных зданий – железобетон. Железобетонные конструкции менее капиталоемки, чем металлические. В условиях эксплуатации железобетонные конструкции также имеют преимущества перед металлическими, поскольку железобетон более устойчив к коррозии, хорошо сопротивляется действию огня при пожаре. Несущий металлический каркас целесообразен при строительстве одноэтажных зданий большой высоты, когда монтаж сборных железобетонных колонн затруднен, а возведение их из монолитного

железобетона требует большого расхода древесины на леса и опалубку, что неэкономично.

Для эффективного ведения любого технологического процесса необходимо обеспечение определенных параметров среды (микроклимата) в производственных помещениях, т.е. освещения и ультрафиолетового облучения, определенной температуры, влажности и скорости движения воздуха, производственного шума. Параметры микроклимата определяются либо требованиями самого технологического процесса, либо условиями максимальной производительности труда работающих.

Санитарные нормы проектирования и другие нормативные документы регламентируют оптимальные и допустимые параметры воздушной среды в рабочей зоне помещений, обеспечение которых предусматривается при проектировании производств и достигаются регулированием процессов теплопередачи через наружные ограждающие конструкции, регулированием процессов воздухообмена, качественных и количественных характеристик освещения, акустического режима и др.

При проектировании промышленных зданий следует учитывать, что по условиям эксплуатации они находятся в специфических и менее благоприятных условиях, чем гражданские здания. В еще более трудных условиях находятся здания предприятий с особым производственным режимом: повышенной влажностью, значительными выделениями тепла, агрессивной средой и т.д. Повышенная влажность для некоторых производств (гальванические, травильные, электролизные, красильные и другие цехи) является необходимым условием протекания технологического процесса или его результатом, отрицательно сказывается на условиях труда работающих и долговечности строительных конструкций.

Отделения с «мокрыми процессами» следует проектировать в средних частях здания, вдали от наружных стен и выделять перегородками во избежание образования конденсата на внешних стенах, их разрушения и промерзания. Ограждающие элементы в этих цехах должны иметь повышенное сопротивление теплопередачи, выполняться с применением водостойких материалов или с покрытием водоотталкивающими составами.

Некоторые производства характеризуются значительными выделениями тепла (цехи обжига, плавильные и др.). Для создания нормальных санитарно-гигиенических условий в таких цехах стены и покрытия проектируют с большим числом приточных и вытяжных проемов, участки с «горячими процессами» располагают около наружных стен для улучшения вентиляции. В местах с интенсивным выделением лучистого тепла устраивают специальные экраны, защищающие работающих и строительные конструкции от перегрева.

В большей части производств химической промышленности производственная среда агрессивная, из-за чего строительные конструкции подчас разрушаются в 5–6 раз быстрее, а расходы на ремонт за несколько лет эксплуатации могут достигать первоначальной стоимости здания. Так как агрессивное воздействие среды сказывается и на здоровье работающих, при

проектировании таких производств предусматривают комплекс мероприятий для снижения ее агрессивного воздействия на работающих, технологическое оборудование и строительные конструкции.

К предприятиям с особым производственным режимом относятся некоторые производства, в зданиях которых следует исключить возможность колебаний температуры и влажности воздуха, проникновение даже мельчайшей пыли, паров кислот и щелочей (производства радиоэлектроники, ряда отраслей фармацевтической, пищевой и др. промышленности). Заданные параметры воздушной среды поддерживают системой кондиционеров, входы в производственные помещения устраивают через тамбур-шлюзы с обдувочными устройствами и др.

Здания и помещения взрывоопасных производств проектируются с применением легко-сбрасываемых взрывной волной наружных ограждающих конструкций, минимальная площадь которых устанавливается расчетом или требованиями нормативных документов.

Площадь для многоэтажных зданий определяется для объема каждого этажа в отдельности, суммарного объема рассчитываемого и всех, ниже расположенных, этажей, а также объема всего здания.

В перекрытиях многоэтажных зданий с производствами категорий А и Б, где применяются или перерабатываются легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, а также в производствах, где необходимо предотвратить распространение опасных химических веществ в другие этажи, устройство проемов, как правило, запрещается. Участки перекрытия и площадок под аппараты и емкости, содержащие жидкости и сжиженные газы, должны быть глухими и ограничены бортом высотой не менее 0,15 м. Под отдельные аппараты и емкости надлежит устраивать поддоны, из которых, как правило, должен быть предусмотрен отвод указанных жидкостей. Поддоны, участки перекрытия и площадок, ограниченные бортами, должны иметь защитные покрытия, стойкие против продуктов, заполняющих установленные на них аппараты.

При проектировании наружных установок для защиты отдельного оборудования, аппаратов, приборов от атмосферных осадков, ветра и создания надлежащих условий труда обслуживающего персонала предусматривается устройство местных укрытий из съемных, разборных или передвижных трудногораемых конструкций, обогрев пола.

В некоторых случаях, в связи с требованиями технологии производственные здания, помещения или их отдельные зоны (участки) проектируют без естественного освещения или с недостаточным по биологическому действию естественным освещением. В таких помещениях предусматривают повышенные нормы искусственного освещения, устройство эритемного облучения (УФ-излучения в малых дозах, не опасных для организма) работающих с помощью установок искусственного ультрафиолетового облучения, выделяют специальные места в здании с естественным освещением для периодического отдыха работающих и др.

Вспомогательные здания и помещения проектируются в соответствии с главами строительных норм и правил. Вспомогательные помещения не допускается располагать в пристройках, непосредственно примыкающих к производственным зданиям и помещениям с взрывоопасными производствами.

Выбор типа покрытия и конструкций полов следует производить в соответствии с требованиями.

Требования к безыскровости полов, а также возможность использования керамических плиток и других искрообразующих материалов для полов в помещениях с производствами категорий А и Б устанавливаются в технологической части проекта. Устройство открытых приямков и незасыпанных песком каналов в помещениях с производствами категорий А и Б, а также в помещениях, где возможны выделения токсических веществ, допускается, если без этих приямков и каналов нельзя обеспечить требования технологического процесса.

Перечисленные положения и факторы, влияющие на объемно-планировочные и конструктивные решения зданий и сооружений, а также состав и расположение в них помещений, не являются исчерпывающими. Сложность взаимосвязи технологического процесса с производственной деятельностью человека и окружающей средой диктует необходимость учитывать при проектировании полный комплекс технологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и других требований.

5.3 Типизация и унификация промышленных зданий

Типизация – это техническое направление в проектировании и строительстве, позволяющее многократно применять единообразные объемно-планировочные и конструктивные решения зданий, сооружений и их частей.

Типизация неразрывно связана с **унификацией**, т.е. единообразием размеров частей зданий, сооружений и их элементов.

Типизация и унификация – важные составляющие индустриализации строительства, под которой понимают комплексно-механизированный процесс строительно-монтажных работ, выполняемых в основном с использованием типовых, унифицированных конструкций и деталей. Индустриализация строительства обеспечивает повышение его качества, снижение стоимости и сокращение сроков строительства. Типизацию и унификацию осуществляют на базе единой системы **модульной координации в строительстве**.

В единой модульной системе установлены три основных вида размеров: **номинальные, конструктивные и натурные**.

Номинальные размеры – это расстояния между условными гранями элементов. **Конструктивные и натурные** – соответственно проектные и

фактические их размеры. Конструктивные размеры отличаются от номинальных на величину необходимых швов и зазоров между элементами.

При проектировании и строительстве зданий и сооружений их основные несущие элементы размещают в соответствии с координационной сеткой колонн, которую образуют продольные и поперечные координационные (разбивочные) оси. Расстояние от модульной координационной оси до грани или геометрической оси сечения конструктивного элемента определяется привязкой.

Дальнейшее развитие типизации и унификации в проектировании промышленных зданий направлено на разработку зданий широкой универсальности (межотраслевого применения), увеличение независимости строительных решений от технологического процесса, максимальной взаимозаменяемости строительных конструкций и их универсальности.

5.4 Воздействие агрессивных физико-химических сред на строительные конструкции

По степени воздействия на строительные конструкции среды разделяются на **неагрессивные, слабоагрессивные, среднеагрессивные и сильноагрессивные.**

По физическому состоянию среды разделяют на **газообразные, твердые и жидкие.**

Степень агрессивности среды определяется концентрацией и активностью производственных выделений, характером их воздействия на конструкции (непосредственно или через воздушную среду) и др. При этом на конструкцию может воздействовать одна или несколько сред, в зависимости от условий эксплуатации зданий (температура, влажность и др.) одна и та же агрессивная среда сможет воздействовать на конструкцию с различной степенью агрессивности.

Пары и газы, выделяющиеся при технологических процессах в производственных зданиях, относятся, как правило, к кислым или кислотообразующим (кроме аммиака и кислорода), причем образование кислоты из них происходит только при наличии влаги в воздухе или на поверхности строительных конструкций.

Воздействие влаги на строительные материалы в ряде случаев вызывает выщелачивание отдельных составляющих строительных материалов, а при попеременном замораживании и оттаивании – и их разрушение. Наличие в воде солей, как правило, повышает ее агрессивность.

Растворы кислот и оснований еще более агрессивны. Особенно агрессивны кислоты к металлам, традиционным бетонам, силикатному кирпичу. Керамические изделия, глиняный кирпич и бетон на жидком стекле хорошо противостоят воздействию кислот, но относительно быстро разрушаются щелочами.

На многие строительные материалы разрушающее воздействие оказывают окислители (кислород, хлор, пары брома, иода и др.).

С целью снижения степени агрессивного воздействия среды на строительные конструкции при проектировании необходимо предусматривать следующее:

разрабатывать генеральные планы предприятий, объемно-планировочные и конструктивные решения зданий и сооружений с учетом розы ветров;

максимально возможную герметизацию технологического оборудования, применяя необходимую приточно-вытяжную вентиляцию и отсосы в местах наибольшего выделения агрессивных паров и пылей;

применение строительных конструкций таких форм сечения, при которых исключается или уменьшается возможность застоя агрессивных газов, а также скопление жидкостей и пыли на поверхности конструкций;

материалы, из которых выполнены строительные конструкции, должны быть стойкими в данных условиях эксплуатации.

При проектировании и применении бетонных и железобетонных строительных конструкций для эксплуатации в агрессивной среде, их коррозионную стойкость обеспечивают применением соответствующих видов цементов; добавок, повышающих коррозионную стойкость бетона и его защитную способность для стальной арматуры; снижением проницаемости бетона; повышенными требованиями к трещиностойкости и толщине защитного слоя бетона.

В случае недостаточной эффективности названных мероприятий предусматривают защиту поверхности конструкций: лакокрасочными покрытиями; оклеенной изоляцией из листовых и пленочных материалов; облицовкой, футеровкой или применением изделий из керамики, шлакоситаллов, стекла, каменного литья, природного камня; штукатурными покрытиями на основе цементных и полимерных вяжущих, жидкого стекла, битума; уплотняющей пропиткой химически стойкими материалами.

При проектировании конструкций из стали или алюминия руководствуются требованиями к выбору соответствующих марок названных металлов, стойких в конкретных условиях эксплуатации.

Стальные конструкции (колонны, стропильные фермы) для производств с сильноагрессивными средами проектируют со сплошными стенками.

От агрессивных воздействий среды стальные конструкции защищают окрашиванием лакокрасочными материалами, горячим цинкованием, газотермическим напылением цинка или алюминия, электрохимической защитой, облицовкой химически стойкими неметаллическими материалами и т.д.

Конструкции из алюминия защищают электрохимическим анодированием, химическим оксидированием с последующим нанесением лакокрасочных покрытий и др.

Деревянные конструкции защищают антисептированием, консервированием, покрытием лакокрасочными материалами. Конкретные

мероприятия и рекомендуемые материалы для защиты строительных конструкций от коррозии приведены в СП 28.13330.2012.

Следует иметь в виду, что обеспечение долговечности и сохранности производственных зданий во многом зависят не только от качества разработанного проекта, но и от правильной их эксплуатации, которая заключается в предотвращении преждевременного износа здания и его элементов профилактическими мерами и периодическим проведением соответствующих ремонтов.

С целью предотвращения преждевременного износа зданий установлен ряд систем плано-предупредительного ремонта, обязательных для министерств и ведомств:

- постоянный уход за конструкциями, оборудованием, помещениями;
- поддержание в них требуемого температурно-влажностного и санитарно-гигиенического режимов; устранение повреждений;
- периодические осмотры и технические освидетельствования зданий и помещений комиссиями для оценки их технического состояния и составления планов ремонта;
- ремонт зданий: текущий (главным образом восстановление защитных поверхностей конструкций и устранении мелких повреждений) и капитальный – выборочный и комплексный (замена или усиление изношенных конструкций).

5.5 Физический износ промышленных зданий

Известно и подтверждено, что производственные здания, являясь представителями основных производственных фондов и находясь длительное время в процессе эксплуатации, подвергаются физическому и моральному износу. В связи с тем, что физическая безопасность персонала является одной из главных задач производства, то физический износ зданий наиболее является актуальной проблемой.

Под *физическим (материальным) износом* понимается потеря средствами труда своих первоначальных качеств.

Степень физического износа здания и его элементов зависит от физико-механических свойств материалов, от характера и геометрических размеров конструкций, особенностей расположения здания на местности, условий эксплуатации, технологических и других факторов. Учет этих факторов в работе предприятий может в значительной степени повлиять на физическое состояние основных фондов. Степень физического износа это еще и фактор, определяющий объем затрат на капитальный ремонт зданий и сооружений.

Физический износ отдельных элементов, участков зданий оценивают путем сравнения признаков физического износа, выявленных в результате визуального и инструментального обследования, с их значениями, приведенными в таблицах действующих нормативных правовых актов

(например, ВСН 53-86(р) и/или методика определения физического износа гражданских зданий).

Для характеристики степени физического износа основных фондов (зданий и сооружений) также используется ряд показателей.

Физический износ конструкции, элемента или системы, имеющих различную степень износа отдельных участков, следует определять по формуле:

$$\Phi_k = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_i \frac{P_i}{P_k}, \quad (1)$$

где Φ_i – физический износ участка конструкции, элемента или системы, определенный по таблицам, %;

P_i – размеры поврежденного участка (площадь или длина), m^2 или m ;

P_k – размеры всей конструкции, m^2 или m ;

n – число поврежденных участков.

Физический износ здания в зависимости от физического износа отдельных элементов определяют по формуле:

$$\Phi_z = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{ki} l_i / 100, \quad (2)$$

$$\Phi_z = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_{ki} l_i / 100, \quad (2)$$

где Φ_z – физический износ здания, %;

Φ_{ki} – физический износ отдельной конструкции, элемента или системы, %;

l_i – коэффициент, соответствующий доле восстановительной стоимости отдельной конструкции, элемента или системы в общей восстановительной стоимости здания, %;

n – число отдельных конструкций, элементов или систем в здании.

Для приближенных оценок износа здания часто пользуются методом сопоставления фактического срока службы с полным расчетным сроком:

$$\Phi_z = \frac{t}{T} \cdot 100, \quad (3)$$

где I – износ конструктивного элемента, устанавливаемый расчетным путем, %;

t – фактический срок службы, лет;

T – нормативный срок службы (если конструктивный элемент вовремя капитального ремонта заменен, то срок службы принимается с момента его замены), лет, (ВСН 53-86(р)).

Контрольные вопросы к разделу 3

1. Каковы критерии классификация промышленных зданий?
2. Каковы требования, предъявляемые к промышленным зданиям и учитываемые при их проектировании.
3. Каковы последствия воздействие агрессивных сред на строительные конструкции?
4. Каковы критерии оценки физического износа зданий производства?

Список используемых источников к разделу 3

1. **Федеральный закон** «Градостроительный кодекс Российской Федерации» от 29.12.2004 № 190-ФЗ (ред. от 16.12.2019) // [Электронный ресурс]: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

2. **Федеральный закон** «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 № 384-ФЗ (последняя редакция) // [Электронный ресурс]: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/ (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

3. **Приказ МЧС** от 28 февраля 2003 года № 105 «Об утверждении Требований по предупреждению чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения» // [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/901854607> (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

4. **Приказ Ростехнадзор** от 21 ноября 2013 года № 559 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности химически опасных производственных объектов" (с изменениями на 18 сентября 2017 года)» // [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/499061805> (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

5. **Межгосударственный стандарт** ГОСТ 28984-2011 «Модульная координация размеров в строительстве. Основные положения» // [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/1200095838> (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

6. **Государственный стандарт** ГОСТ 23838-89 «Здания предприятий. Параметры» // [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/1200003899> (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

7. **Санитарно-эпидемиологических правила** СП 2.2.1.1312-03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий» // [Электронный ресурс]: <https://docplan.ru/Index2/1/4294815/4294815031.htm> (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

8. **Строительные нормы и правила** СНиП 31-03-2001 «Производственные здания» // [Электронный ресурс]:

<https://meganorm.ru/Data2/1/4294848/4294848519.htm> (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

9. **Строительные нормы и правила** СНиП 2.09.04-87 «Административные и бытовые здания» // [Электронный ресурс]: <https://docplan.ru/Data2/1/4294854/4294854786.htm> (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

10. **Строительные нормы и правила** СНиП 2.03.13-88 «Полы» // [Электронный ресурс]: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294854/4294854791.htm> (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

11. **Свод правил** СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85» (с Изменениями N 1, 2) // [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/1200092602> (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

12. **Общероссийский классификатор** ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2). «Общероссийский классификатор видов экономической деятельности» (утв. Приказом Росстандарта от 31.01.2014 N 14-ст) (ред. от 18.09.2019) [Электронный ресурс]: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163320/ (дата обращения: 24.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

13. **ВСН 53-86(р)**. Ведомственные строительные нормы. Правила оценки физического износа жилых зданий. [Электронный ресурс]: <http://www.ocenchik.ru/docs/3.html/> (дата обращения: 13.02.2020). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

14. Методика определения физического износа гражданских зданий. [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/1200005761> (дата обращения: 13.02.2020). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

Раздел 4 ИНЖЕНЕРНЫЕ ОСНОВЫ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

§ 6 Безопасность технологических процессов

Высокая надежность и безопасность химических производств достигается правильными проектными решениями, разработанными на основе всестороннего глубокого научного исследования условий безопасного ведения нового технологического процесса.

При этом необходимо учитывать:

- побочные реакции и другие процессы, которые могут привести к созданию аварийных ситуаций;
- соблюдение технологического регламента;
- высокое качество изготовления и монтажа оборудования и технического уровня эксплуатации, а также выполнение других мероприятий, вытекающих из особенностей производства.

6.1 Потенциально опасные технологические процессы

Среди большого числа отличающихся по характеру процессов химической технологии можно выделить группу процессов, которые при определенных условиях, возникающих вследствие нарушения требований регламента, выходят в аварийные режимы с последствиями различной степени тяжести. Такие **процессы** называются **потенциально опасными**.

Потенциально опасные процессы химической технологии можно разделить на четыре группы:

- 1) переработка и получение токсичных веществ;
- 2) переработка и получение взрывоопасных веществ и смесей;
- 3) процессы, протекающие с большой скоростью;
- 4) смешанные процессы.

Большая часть потенциально опасных процессов химической технологии – это **смешанные процессы**, которые можно отнести одновременно к двум или трем указанным группам. В них присутствуют *все или часть видов опасностей* и их последствий: отравление, взрыв, механическое разрушение оборудования и аппаратуры, выброс реакционной массы, технологический брак.

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 (полунепрерывный процесс)*. И в том, и в другом случаях скорость химического превращения веществ растет, что приводит к увеличению количества выделяемого тепла, подъему температуры, ускорению побочных реакций, интенсивному

газовыделению и пр. Оба отклонения возникают при отказах средств автоматизации, оборудования, регламентирующего подачу, или в результате ошибок обслуживающего персонала (при ручном управлении).

2. *Снижение (или отсутствие) расхода хладагента, подаваемого для охлаждения.* Это приводит к снижению теплоотбора, увеличению температуры и т.д. Возникает чаще при отказе средств автоматизации и технологического оборудования или в результате ошибок обслуживающего персонала.

3. *Отсутствие перемешивания.* В этом случае возможно накопление непрореагировавших компонентов, что при последующем включении мешалки ведет к интенсивному росту скорости реакции и, как следствие, к нарушению температурного режима. Возникает в результате отказа технологического оборудования (остановка или обрыв лопастей мешалки).

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 или паров.* Приводит к увеличению давления и возникает при отказах средств автоматизации, технологического оборудования, стоящего на линии отвода газов или паров из реактора, и при ошибках обслуживающего персонала.

Надежное средство интенсификации и защиты потенциально опасных процессов – создание автоматических систем защиты.

В практике на химических производствах применяются и **технологические методы снижения опасности.**

Наиболее распространенный метод снижения опасности – установление так называемого безопасного регламента, настолько безопасного, что даже при резких возмущениях процесса его опасные параметры не могут приблизиться к границе устойчивости. Естественно, что при этом процесс ведется экстенсивно и скрытые в нем потенциальные возможности повышения эффективности производства не используются. Снижения скорости протекания процесса можно достичь уменьшением скорости подачи исходных компонентов; варьированием температурного режима; применением специальных разбавителей.

Второй технологический метод снижения опасности – замена периодического или полунепрерывного процесса непрерывным. Снижение опасности при переходе на непрерывное производство достигается обычно следующими обстоятельствами:

1) объем реактора непрерывного действия, как правило, на несколько порядков меньше объема реактора периодического действия при той же производительности продукта. Вследствие этого при переходе на непрерывный процесс резко снижается общий объем реакционной массы, находящейся в производственном помещении (в цехе, на участке). Таким образом, уменьшаются возможные последствия аварии, однако проблематичность возникновения самой аварии не устраняется;

2) параметры, характеризующие течение процесса (давление, температура и т.п.) в непрерывном варианте должны поддерживаться постоянными и это существенно облегчает автоматизацию технологического процесса.

В автоматизированном технологическом процессе, снабженном надежной автоматической системой защиты, аварийные ситуации могут возникать только в результате отказов технологического оборудования или системы регулирования.

Все технологические методы обеспечивают снижение опасности, но не устраняют ее; полная гарантия безопасности ведения потенциально опасного технологического процесса обеспечивается только использованием высоконадежной системы защиты.

6.2 Требования безопасности, предъявляемые к технологическим процессам

Безопасность производственных процессов обеспечивается:

- выбором технологического процесса, а также приемов, режимов работы и порядка обслуживания производственного оборудования;
- выбором производственных помещений и площадок;
- выбором исходных материалов, заготовок и полуфабрикатов, а также способов их хранения и транспортирования (в том числе готовой продукции и отходов производства);
- выбором производственного оборудования и его размещения;
- распределением, функций между человеком и оборудованием в целях ограничения тяжести труда.

Большое значение для обеспечения безопасности имеет профессиональный отбор и обучение работающих безопасным приемам труда, правильное применение ими средств защиты.

Производственные процессы не должны представлять опасности для окружающей среды, должны быть пожаро- и взрывобезопасными.

Все эти требования к производственным процессам закладываются при их проектировании и реализуются при организации и проведении технологических процессов.

При этом они должны предусматривать следующее:

- ✓ устранение непосредственного контакта работающих с исходными материалами, заготовками, полуфабрикатами, готовой продукцией и отходами производства, оказывающими вредное действие;
- ✓ замену технологических процессов и операций, связанных с возникновением опасных и вредных производственных факторов, процессами и операциями, при которых указанные факторы отсутствуют или обладают меньшей интенсивностью;
- ✓ замену вредных и пожароопасных веществ на менее вредные и опасные;
- ✓ комплексную механизацию, автоматизацию, применение дистанционного управления технологическими процессами и операциями при наличии опасных и вредных производственных факторов;
- ✓ герметизацию 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;
- ✓ рациональную организацию труда и отдыха с целью профилактики монотонности и гиподинамии, а также ограничения тяжести труда.

Требования безопасности к технологическому процессу включают в нормативно-техническую и технологическую документацию.

Рассмотрим основные требования безопасности к технологическим процессам.

Устранение непосредственного контакта работающих с вредными веществами. В химической промышленности большинства 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 дистанционном управлении процессами, применении средств механизации на стадиях загрузки, выгрузки и транспортирования 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,

переведя твердые вещества (аммиачную селитру, серу, едкий натр и др.) 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 мокрым; 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 анилинокрасочной промышленности, например, характерно исследование синтезируемых красителей и промежуточных продуктов (уже на стадии лабораторных испытаний) на канцерогенность.

При наличии таких свойств независимо от качества синтезированных соединений дальнейшая разработка их прекращается, в промышленное производство они не допускаются.

Для снижения пожаро- и взрывоопасности веществ, обращающихся в производстве, вводятся различные инертные добавки и флегматизирующие вещества.

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

Механизация технологических процессов позволяет заменить операции, выполняемые вручную, машинами и механизмами, тем самым уменьшая опасности, связанные с ними. Механизация вредных и опасных технологических процессов освобождает рабочего от выполнения тяжелых, утомительных и монотонных операций, уменьшает время контакта с вредными и опасными веществами.

Наиболее перспективна в химической промышленности механизация таких операций, как загрузки в аппараты и машины и выгрузка из них сырья и готовой продукции; удаление и транспортирование отходов; затаривание и складирование; 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 химической промышленности наиболее широко применяется пять систем дистанционного управления: механическое, пневматическое, гидравлическое, электрическое и комбинированное.

Герметизация оборудования. Герметизация оборудования — одно из основных условий обеспечения безопасности технологических процессов. Особое значение она имеет при переработке токсичных и пожаро- и взрывоопасных сред, так как 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.

6.3 Автоматизация производственных процессов для обеспечения безопасных условий труда

Для современного уровня развития химической промышленности характерна комплексная автоматизация производства и централизация управления, так как большая часть технологических процессов потенциально опасна.

Роль автоматизации в обеспечении безопасности технологических процессов. *Автоматизация производственных процессов* — это автоматические контроль и сигнализация, управление, регулирование, защита и блокировка.

Известно, что значительные отклонения от заданных технологических параметров — температуры, давления и уровня продукта в аппарате, концентрации и процентного соотношения реагирующих веществ, очередности или времени загрузки реагентов — могут привести к крупным авариям, пожарам и взрывам.

Например, безопасность процессов нитрования, хлорирования, сульфирования, окисления органических веществ зависит от правильного

дозирования реагирующих веществ, непрерывного перемешивания и поддержания заданной температуры.

Неравномерность загрузки, недостаточное перемешивание и охлаждение неизбежно приводят к появлению местных зон с высокой концентрацией и температурой, что может сопровождаться бурным окислением сырья, выделением значительного количества побочных газообразных продуктов и может привести к взрывам. Для многих отраслей промышленности характерно тепловое проявление химических реакций при процессах, т.е. выделение значительного количества тепла. К таким процессам относятся адсорбция, растворение, нитрование, галогенирование, алкилирование, щелочное плавление, сульфирование, полимеризация, окисление и т.п.

Многие реакции указанных процессов, сопровождаемых значительными тепловыми эффектами, при недостаточном отводе тепла из зоны реакции могут заканчиваться пожаром или взрывом, так как реагирующие и получающиеся вещества в большинстве случаев легковоспламеняющиеся горючие жидкости или газы, или вещества, бурно взаимодействующие при повышенных температурах.

Кроме того, скорость возникновения и распространения аварийного состояния во многих технологических, особенно химических процессах такова, что только специальные автоматические устройства и приборы могут надежно защитить их и своевременно локализовать возможную аварию, взрыв или пожар.

Автоматический контроль предельных значений технологических параметров, сигнализация, защита, управление различными процессами и их регулирование обеспечивают надежную и безопасную эксплуатацию установок, дают возможность исключить или своевременно предупредить перегрев или прогар аппаратов, их разрыв при избыточных давлениях, утечку продукта, образование взрывоопасных концентраций в аппаратах и помещениях, разложение веществ с взрывом или образованием пожароопасных побочных продуктов и самовозгорающихся соединений и т.п.

Приборы автоматического контроля регистрируют параметры технологического процесса и подают сигнал об их нарушениях. Это дает возможность обслуживающему персоналу своевременно принять необходимые меры и ввести процесс в безопасный режим.

На химических предприятиях широко применяют три вида технологической сигнализации: *контрольную, предупредительную и аварийную.*

Контрольную сигнализацию применяют 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 режима, т.е. о достижении крайних, предельных значений

технологических параметров, дальнейшее отклонение которых может привести к аварии, пожарам и взрывам. К этому виду сигнализации относится и предупредительная сигнализация о появлении в атмосфере производственных помещений взрывоопасных и токсичных паров и газов. Устройства предупредительной сигнализации бывают самостоятельно действующими или связанными с приборами автоматического контроля, защиты, управления и регулирования.

Аварийная сигнализация служит для извещения обслуживающего персонала об аварийном отключении оборудования. Устройства аварийной сигнализации обычно связаны с системой защиты и блокировки. К аварийной сигнализации относится и специальная автоматическая пожарная сигнализация.

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

Таким образом, эти приборы, хотя и не регулируют технологический процесс, но как бы вмешиваются в него при критическом значении параметров без участия человека.

Приборы автоматической защиты часто объединяют с устройствами автоматической сигнализации предельных, критических значений технологических параметров. Эти приборы широко используют для защиты электрических машин и сетей от последствий коротких замыканий и перегрузок, предотвращения перегрева и повышения давления компрессорных установок, для предотвращения переполнения горючими жидкостями технологических аппаратов и образования взрывчатых концентраций в аппаратах и помещениях; для локализации развития пожара по вентиляционным и технологическим коммуникациям, автоматического тушения пожаров и т.п.

Автоматическая блокировка относится к особому виду автоматической защиты, *она служит для предупреждения возможности неправильных или несвоевременных включений и отключений машин и аппаратов, в результате которых могут произойти аварии, пожары и взрывы.*

Автоматическая блокировка нашла широкое применение для предупреждения образования взрывоопасных концентраций в технологических установках, в производственных помещениях, в которых выделяются вредные и взрывоопасные пары и газы (блокировка газоанализаторов с вентиляционными установками) и т.п.

Блокировку применяют как при ручном, так и при автоматическом управлении, блокируя действия исполнительных органов, обеспечивающих включение последующих операций только после завершения предыдущих.

Автоматическое управление обеспечивает включение аппаратов или агрегатов, их остановку, торможение, реверсирование и строгое соблюдение последовательности операций по заранее заданной программе. Роль человека при этом заключается только в посылке начального (пускового) импульса.

Автоматическое управление чаще всего бывает дистанционным, оно обеспечивает согласованную и надежную работу оборудования, требуемые условия безопасности, а также исключает пожарную опасность.

Приборы автоматического регулирования обеспечивают поддержание без участия человека заданных параметров технологических процессов, не допускают их отклонения в ту или иную сторону от заранее установленного безопасного значения и тем самым исключают возможность возникновения пожаров и взрывов.

В тех случаях, когда заданное значение регулируемой величины изменяется во времени по известному заранее закону, применяют программное регулирование.

Предупреждение аварий средствами автоматического контроля, защиты и блокировки.

Основными элементами любых, наиболее сложных схем автоматического контроля являются:

- ❖ чувствительные воспринимающие элементы (датчики),
- ❖ линия связи (капилляр, электропровод),
- ❖ контрольно-измерительное (воспроизводящее) устройство,
- ❖ сигнальное контактное устройство и сигнальные лампы,
- ❖ звонки, сирены.

Чувствительный элемент устанавливают в аппарате или любой контролируемой зоне.

Датчик (чувствительный элемент) воспринимает изменения температуры, давления, уровня или другой контролируемой величины и по линии связи передает соответствующие импульсы контрольно-измерительному устройству, которое фиксирует (показывает, записывает) эти изменения. Шкалу измерительного устройства градуируют в тех величинах, которые контролируются.

Если приборы снабжены сигнальными устройствами, то при крайних критических значениях параметров сигнальные устройства замыкают сигнальные сети и включают лампы, звонки, сирены.

6.4 Технологический регламент – основа безопасности технологического процесса

Технологический регламент является основным техническим документом, определяющим оптимальный технологический режим, порядок

проведения операций технологического процесса, обеспечивающий выпуск продукции требуемого качества, безопасные условия эксплуатации производства, а также выполнения требований по охране окружающей среды.

Безусловное соблюдение всех требований технологического регламента обязательно и обеспечивает надлежащее качество выпускаемой продукции, рациональное и экономичное ведение производственного процесса, сохранность оборудования и безопасность работы.

Все технологические регламенты составляются по правилам и формам, предусмотренным документом «Положение о технологических регламентах производства продукции на предприятиях химического комплекса».

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. Он несет полную ответственность за соответствие регламента требованиям, предъявляемым к продукции.

Лица, виновные в нарушении действующего технологического регламента, привлекаются к строгой дисциплинарной ответственности, если последствия этого нарушения не требуют применения к ним иного наказания в соответствии с действующим законодательством.

В зависимости от степени освоенности производств и целей осуществляемых работ предусматриваются следующие типы технологических регламентов:

- постоянные;
- временные,
- пусковые;
- разовые;
- лабораторные (пусковые записки, производственные методики).

Постоянные технологические регламенты разрабатываются для освоенных производств, обеспечивающих требуемое качество выпускаемой продукции.

Временные технологические регламенты разрабатываются для:

- новых на данном предприятии производств;
- действующих производств, в технологию которых внесены принципиальные изменения;
- производств с новой технологией.

Разовые технологические регламенты разрабатываются при выпуске товарной продукции на опытных и опытно-промышленных установках (цехах), а также для опытных и опытно-промышленных работ, проводимых на действующих производствах в соответствии с требованием пожарной безопасности.

Лабораторные регламенты (пусковые записки, производственные методики) разрабатываются для лабораторных, стендовых и модельных

установок, не выпускающих товарную продукцию. Допускается наработка товарной продукции объемом до 1000 кг/год по лабораторным регламентам (пусковым запискам, производственным методикам).

Каждый технологический регламент состоит из нескольких разделов.

Постоянные, временные и разовые технологические регламенты состоят из следующих разделов:

- общая характеристика производств;
- характеристика производимой продукции;
- характеристика исходного сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов;
- описание технологического процесса и схемы;
- материальный баланс;
- нормы расхода основных видов сырья, материалов и энергоресурсов;
- нормы образования отходов производства;
- контроль производства и управление технологическим процессом;
- возможные неполадки в работе и способы их ликвидации;
- охрана окружающей среды;
- безопасная эксплуатация производства;
- перечень обязательных инструкций;
- чертеж технологической схемы производства;
- спецификация основного технологического оборудования и технические устройства, включая оборудование природоохранного назначения.

Лабораторный регламент (пусковая записка, производственная методика) в общем виде должен содержать следующие данные:

- назначение установки;
- краткая характеристика сырья, полупродуктов, готового продукта, отходов, стоков и выбросов с указанием их токсических, пожаро- и взрывоопасных свойств;
- описание технологической схемы и расположения аппаратуры;
- описание схемы контрольно-измерительных приборов, автоматики (КИПиА), блокировок и предохранительных устройств;
- описание схемы электроснабжения;
- требования к безопасной эксплуатации;
- требования к обеспечению экологической безопасности;
- чертежи технологической схемы и аппаратов.

Основа обеспечения безопасности технологического процесса заложена в ряде разделов регламента.

Раздел «Контроль производства и управление технологическим процессом». Системы контроля, автоматического и дистанционного управления (системы управления), системы противоаварийной автоматической защиты (системы ПАЗ), а также системы связи и оповещения об аварийных ситуациях (системы СиО) должны обеспечивать точность поддержания технологических параметров, надежность и безопасность проведения технологических процессов. Приводятся значения установок систем защиты. Наряду с установками систем по опасным параметрам указываются границы критических значений параметров.

Данные контроля производства и управления по всем стадиям технологического процесса, обеспечивающего соблюдение нормативных показателей, показателей готовой продукции, а также выбросов в окружающую среду, следует приводить в виде таблицы. В таблице приводится перечень систем сигнализации, блокировок, автоматического контроля и регулирования, дистанционного управления технологическим процессом или отдельными агрегатами с указанием назначения контролируемых параметров, их величин с допустимыми отклонениями, технических и метрологических характеристик приборов, точек расположения и видов контроля. Для сложных схем вместо перечня систем блокировок к таблице может прилагаться блочная структурная схемы автоматической системы защиты производства.

Для взрывоопасных технологических процессов необходимо указывать системы противоаварийной автоматической защиты, предупреждающие возникновение аварийной ситуации при отклонении от предусмотренных регламентом предельно допустимых значений параметров процесса во всех режимах работы и обеспечивающие безопасную остановку или перевод процесса в безопасное состояние по заданной программе.

Раздел «Возможные неполадки в работе и способы их ликвидации». Сведения о возможных неполадках, причинах и способах их устранения следует указать в виде таблицы.

В раздел перечисляются основные возможные неполадки в технологическом процессе производства, такие как: отклонения от норм технологического режима по давлению, температуре, скорости подачи реагентов и выходу продукции, ее качеству, а также местные перегревы, отключение приборов контроля и т.п. Указываются возможные причины неполадок и действия персонала по их устранению.

Раздел «Безопасная эксплуатация производств». Данный раздел разрабатывается для проектируемых, действующих, расширяемых и реконструируемых производств химического комплекса. Раздел подготавливается на основании «Положение о порядке разработки и содержании раздела «Безопасная эксплуатация производств» технологического регламента». Предприятия при разработке технологических регламентов могут при необходимости с учетом особенностей и специфики производств уточнять требования безопасности или включать дополнительные.

Требования безопасности, изложенные в технологических регламентах, не должны быть ниже требований действующих нормативных документов по промышленной безопасности.

В разделе должны быть указаны технологические данные, необходимые для разработки и осуществления мер по обеспечению безопасности и оптимальных санитарно-гигиенических условий труда работающих, в том числе:

- характеристика опасностей производства;
- возможные неполадки и аварийные ситуации, способы их предупреждения и локализации;
- защита технологических процессов и оборудования от аварий и работающих от травмирования;
- меры безопасности, которые следует соблюдать при эксплуатации производства.

Ответственность за полноту и качество разработки раздела и контроль за обеспечением его исполнения возлагается на технологическую службу предприятия, производства, отделения, установки.

Раздел подлежит согласованию со службами охраны труда и техники безопасности предприятия.

Раздел «Характеристика опасностей производства». Указанный раздел должен быть составлен с учетом взрывопожарной и пожарной опасностей, санитарных характеристик производственных зданий, помещений, зон и наружных установок.

Основные опасности производства, обусловленные: особенностями технологического процесса или выполнения отдельных производственных операций, особенностями используемого оборудования и условиями его эксплуатации; вызванные нарушениями правил безопасности работающими.

Раздел «Защита технологических процессов и оборудования от аварий и травмирования работающих». В таблицах раздела перечисляются блокировки, средства регулирования, сигнализации, устройства для экстренной (аварийной) остановки оборудования, предохранительные, сбросные, отсекающие клапаны, с обязательным указанием их функционального назначения и производимых действий. В этом подразделе также указываются меры, применяемые для исключения образования в технологических системах взрывоопасных смесей, самопроизвольного термического распада или полимеризации реакционных масс и технологических сред, что может стать причиной аварии, а также меры по подавлению взрывов и неуправляемых химических реакций в технологическом оборудовании, тушению пожаров и ограничению зон развития аварийных ситуаций.

6.5 Инженерно-технические средства безопасности

Безопасность технологических процессов достигается применением наряду с другими мерами инженерно-технических средств безопасности.

К основным инженерно-техническим средствам безопасности относятся:

- ✓ оградительные и предохранительные устройства;
- ✓ сигнализация безопасности;
- ✓ разрывы и габариты безопасности и др.

Оградительные устройства применяются для изоляции движущихся частей машин и механизмов, находящихся под напряжением токоведущих частей оборудования, зон и участков, где есть постоянная опасность вредного воздействия на человека температур, излучений и т. п. Ограждаются канавы, ямы, колодцы, люки, различные проемы, рабочие места, расположенные на высоте.

Ограждения бывают *временными*, переносными для обозначения опасности в связи с проведением каких-либо работ (ремонт дороги, проведение работы в колодцах и т. п.), *неподвижными*, которые снимаются только во время ремонта или наладки (ограждения шнеков, шкивов, ремней) и *периодически открывающимися* в процессе работы.

Съемные и открывающиеся ограждения обязательно должны быть заблокированы с пусковыми устройствами оборудования.

Предохранительные устройства служат для предупреждения аварий и выхода из строя отдельных частей технологического оборудования. Они автоматически срабатывают, когда возникает такая угроза, и отключают оборудование или его узел.

Так, для защиты электроустановок от перегрузок применяют плавкие предохранители; для предупреждения взрывов сосудов, работающих под давлением – предохранительные клапаны.

Для ограничения движения машин и механизмов (например, хода крана, подъема груза) применяют различные упоры и ограничители, для предохранения ацетиленового генератора от возможного взрыва – водяной затвор.

Применяются также различные блокировки: механические (например, механизма открывания лифта), электрические (фотоэлементы), комбинированные (разрыв электрической цепи при отодвигании подвижных оградительных устройств и т.п.).

Широкое применение нашла *бирочная система*. Смысл ее заключается в том, что без определенной бирки (пластинки с шифром агрегата или механизма) никто не имеет права включать в работу агрегат или машину. Если в процессе работы обнаружится отсутствие бирки, механизмы должны быть остановлены и обесточены. В получении и сдаче бирки персонал каждую смену расписывается в специальном журнале.

Сигнализация безопасности – средство предупреждения о возможной опасности. Сигнализация безопасности сама по себе не устраняет возможные последствия, поэтому здесь очень важен фактор обученности и сознательные действия работающих.

К сигнализации безопасности относятся световые, звуковые и цветовые сигналы, знаковая сигнализация и различные указатели (температуры, давления, уровня жидкости и т.п.).

Световая сигнализация чаще всего встречается на внутриводском железнодорожном транспорте, при пересечениях на территории предприятия пешеходных и автомобильных дорог. Световые табло применяются также для предупреждения о выезде из цеха (склада) автомобиля, электрокара, чтобы предотвратить их столкновение с проходящим транспортом и наезда на людей.

Звуковые сигналы часто используют для сигнализации о достижении каких-либо предельных параметров (температуры, давления и т. п.). Звуковые сигналы можно сочетать со световыми.

Приборы-указатели сигнализируют о приближающейся опасности (манометр с красной чертой на шкале, водомерные стекла с отметкой уровня воды и т. п.).

Однако самым эффективным будет действие сигнализации безопасности в сочетании с предохранительными устройствами.

Знаковая сигнализация применяется для предупреждения о возможной опасности и передачи какой-либо информации на расстоянии.

Сигнальные цвета и знаки безопасности предназначены для привлечения внимания работающих к непосредственной опасности, предупреждения о возможной опасности, предписания и разрешения определенных действий с целью обеспечения безопасности, а также для необходимой информации.

Знаки безопасности устанавливаются в местах, пребывание в которых связано с возможной опасностью для работающих, а также па производственном оборудовании, являющемся источником такой опасности.

Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.4.026-2015 «Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний» устанавливает четыре сигнальных цвета: красный, желтый, зеленый и синий.

Красный сигнальный цвет (запрещение, непосредственная опасность, средство пожаротушения) применяется для запрещающих знаков; надписей и символов на знаках пожарной безопасности; обозначения отключающих устройств механизмов и машин, в том числе аварийных; внутренних поверхностей открывающихся кожухов, ограждающих движущиеся элементы механизмов и машин, и их крышек; рукояток кранов аварийного сброса давления; корпусов масляных выключателей, находящихся в рабочем состоянии под напряжением; обозначения пожарной техники и инвентаря; сигнальных ламп, извещающих о нарушении условий безопасности; окантовки щитов для крепления пожарного инструмента и огнетушителей.

Желтый сигнальный цвет применяется для предупреждающих знаков; элементов строительных конструкций, которые могут явиться причиной получения травм работающими; элементов производственного оборудования,

неосторожное обращение с которыми представляет опасность для работающих; элементов внутрицехового и междехового транспорта, подъемно-транспортного оборудования и т.п.; постоянных и временных ограждений, устанавливаемых на границах опасных зон; подвижных монтажных устройств и элементов грузозахватных приспособлений; емкостей, содержащих вещества с опасными и вредными свойствами; границ подходов к эвакуационным и запасным выходам.

Зеленый сигнальный цвет применяется для предписывающих знаков; дверей и световых табло эвакуационных или запасных выходов; сигнальных ламп.

Синий сигнальный цвет применяется для указательных знаков.

Знаки безопасности подразделяются на четыре группы:

запрещающие,

предупреждающие,

предписывающие,

указательные.

Запрещающие знаки (круг красного цвета с белым полем внутри, белой по контуру знака каймой и символическим изображением черного цвета на внутреннем белом поле, перечеркнутым наклонной полосой красного цвета под углом 45° слева сверху направо вниз), предназначены для запрещения определенных действий.

Предупреждающие знаки (равносторонний треугольник со скругленными углами желтого цвета, обращенный вершиной вверх, с каймой черного цвета и символическим изображением черного цвета) предназначены для предупреждения работающих о возможной опасности.

Следует иметь в виду, что промышленные взрывчатые вещества маркируются по ГОСТ Р 51615-2000 Вещества взрывчатые промышленные. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение (с Изменением № 1), а радиоактивные вещества – по ГОСТ 16327-77.

Предписывающие знаки (квадрат зеленого цвета с белой каймой по контуру и белым полем квадратной формы внутри него, на котором нанесено символическое изображение или поясняющая надпись черного цвета) предназначены для разрешения определенных действий работающих только при выполнении конкретных требований безопасности труда (обязательное применение средств защиты работающих, принятие мер, обеспечивающих безопасность труда), требований пожарной безопасности и для указания путей эвакуации.

Указательные знаки (синий прямоугольник, окантованный белой каймой по контуру, с белым полем квадратной формы внутри, на котором нанесено символическое изображение или поясняющая надпись черного цвета, за исключением символов и поясняющих надписей пожарной безопасности, которые выполняются красным цветом (предназначены для указания местонахождения различных объектов и устройств, пунктов медицинской помощи, питьевых пунктов, пожарных постов, гидрантов,

пожарных кранов, огнетушителей, пунктов извещения о пожаре, складов, мастерских.

Разрывы и габариты безопасности. Под ними понимают то минимальное расстояние между объектами, которое необходимо для безопасной работы в этой зоне. Разрывы и габариты безопасности нормируются ГОСТами, правилами техники безопасности и пожарной безопасности и другими документами.

Разрывы соблюдаются в целях пожарной безопасности (разрывы между зданиями, складами и складываемыми материалами), для безопасности автомобильного, железнодорожного движения. Нормируется ширина проездов на территории предприятия и в производственных цехах. Для безопасности и удобства обслуживания технологического оборудования нормируются разрывы между наиболее выступающими частями производственного оборудования и элементами здания (колоннами, ступенями и т. д.).

Разрывы и габариты безопасности играют важную роль в предупреждении производственного травматизма. Одна из мер профилактики травматизма – ежедневные проверки состояния проходов, проездов, рабочих мест и обследование (ежегодное) правильности расстановки оборудования в цехе.

§ 7 Безопасность технологического оборудования

7.1 Основное технологическое оборудование в химической промышленности. Классификация

На предприятиях, относящихся к химической промышленности, используется различное по назначению, устройству и особенностям эксплуатации оборудование.

Под классификацией оборудования в общем случае понимают научно-обоснованное распределение машин и аппаратов по отдельным группам на основе определенных признаков, важнейшими из которых являются:

- производственное назначение;
- проводимый в машинах и аппаратах процесс;
- функциональное назначение,
- принцип организации технологического процесса, степень автоматизации и т.д.

В зависимости от назначения химическое оборудование можно классифицировать на: **универсальное, специализированное и специальное.**

Универсальное оборудование общего назначения (общезаводское) применяется без каких-либо изменений в различных химических производствах. К нему относятся насосы, компрессоры, вентиляторы, центрифуги, сушилки, экстракторы, сепараторы, газоочистное и пылеулавливающее оборудование, а также транспортные средства.

Специализированное оборудование применяется для проведения одного процесса различных модификаций, для нескольких близких по типу химических производств: теплообменники, ректификационные колонны, абсорберы и др. Оборудование выпускают небольшими сериями.

Специальное оборудование предназначено для проведения только одного процесса, не используют в других производствах: каландры, грануляторы, хлораторы, сублиматоры, колонна синтеза аммиака, карбамида, грануляционная башня, суперфосфатная камера, кальцинатор и др.

По роли в осуществлении технологического процесса технологическое оборудование делят на **основное и вспомогательное**.

Основное (технологическое) оборудование служит для ведения различных технологических процессов – химических, физико-химических и других, в результате которых получают целевые продукты. К основному технологическому оборудованию относят реакционную аппаратуру (реакторы, контактные аппараты, колонны синтеза, конверторы и др.), в которой протекают химические реакции, а также аппараты и машины для физико-химических процессов (абсорберы, экстракторы, ректификационные, колонны, сушилки, выпарные и теплообменные аппараты, вальцы, каландры, прессы и др.).

Технологическое оборудование по характеру протекающих в нем процессов подразделяется на следующие классы (таблица 5):

- оборудование для механических процессов (грохоты, классификаторы, дробилки, мельницы, смесители, питатели, дозаторы);
- оборудование для гидромеханических процессов (отстойники, центрифуги, сепараторы, гидроциклоны, циклоны, скрубберы, фильтры, электрофильтры, аппараты для механического и циркуляционного перемешивания жидких сред и т.д.);
- оборудование для тепловых процессов (рекуперативные, регенеративные и контактные теплообменники, тепловые трубы, тепловые печи, плазматроны, выпарные и кристаллизационные аппараты);
- оборудование для массообменных процессов (абсорбционные и ректификационные колонны, экстракционные аппараты, адсорберы, ионообменные аппараты, аппараты для баромембранных и диффузионных процессов, сушилки, аппараты для растворения и выщелачивания и т.д.);
- оборудование для химических процессов (химические реакторы и печи для осуществления химических процессов).

Внутри каждого класса оборудование по функциональному назначению подразделяется на группы.

К **вспомогательному технологическому** оборудованию относят оборудование, не оказывающее существенного влияния на технологический процесс. Вспомогательное оборудование предназначено для реализации в нем вспомогательных процессов производства, в частности, хранения и транспортировка жидкостей: сжиженных газов, паров и газов, сыпучих материалов требуемом для технологического процесса направлении. Производительность установки или выход целевого продукта не зависят от

размеров и конструкции вспомогательного оборудования, поэтому их можно изменять в определенных пределах. Однако, надежность вспомогательного оборудования определяет устойчивость работы всей установки.

Таблица 5 – Классификация технологическое оборудование по характеру протекающих в нем процессов

Классы процессов	Виды процессов	Характерный тип компоновочного решения	Вид аппаратов	Классы аппаратов
химические	окисление	здания павильоны 	контактный аппарат	реакторы
	хлорирование		трубчатый реактор	
	нитрирование		полочный реактор	
	гидратация		реакционная камера	
	полимеризация		реакционный котел	
	электролиз		электролизер	
массо-обменные	абсорбция	открытые установки 	абсорбер	колонны
	адсорбция		адсорбер	
	ректификация		ректификационная колонна	
	сушка		башня сушки	
	экстракция		экстрактор	
	кристаллизация		кристаллизатор	
тепловые	выпаривание		выпарной аппарат	тепло-обменники
	нагревание		испаритель	
	конденсация		конденсатор	
	охлаждение		холодильник	
гидро-механические	фильтрование	открытые площадки 	фильтр	емкости
	промежуточное хранение жидкости		бак	
	хранение сжиженных газов		газгольдер	
	отстаивание		осветлитель	
	центри-фугирование	насосные компрессорные машинные залы 	центрифуга	машины
	перемещение жидкостей		насос	
	перемещение газов		газодувка	
	сжатие газов		компрессор	
холодильные	умеренное охлаждение		холодильная машина	
	глубокое охлаждение		компрессор-дрессель	
механические	дробление		дробилка	
	измельчение		мельница	
	сортировка		грохот	

Технологическое оборудование *по характеру воздействия на сырье или полуфабрикат* может быть разделено на **аппараты, машины** (в том числе **транспортные средства**).

Аппаратом называют инженерное сооружение, несущее в себе реакционное пространство (рабочий объем) и снабженное энергетическими и контрольно-измерительными средствами ведения и управления

технологическим процессом. Это устройства для проведения химических, физико-химических, тепловых и гидромеханических процессов, в которых механические операции играют вспомогательную роль. Аппараты являются основным видом химического оборудования. *Реакционное пространство (рабочий объем)* – это пространство, в котором осуществляется технологический процесс.

В случае, если проведение технологического процесса сопровождается вводом в рабочий объем механической энергии за счет рабочих органов оборудования, то такой аппарат называется **машиной**. Машины – механизмы, осуществляющие определенные целесообразные движения для преобразования энергии или производства работы. В компрессоре, например, механическая энергия затрачивается на сжатие газа, а в двигателе внутреннего сгорания – наоборот. Основные типы машин (таблица 6):

Таблица 6 – Основные типы машин

Тип машин	Назначение
Подъемно-транспортные устройства	Транспортировка сыпучих твердых материалов и штучных грузов в пределах цеха или предприятия (элеваторы, конвейеры, системы пневмотранспорта)
Дробильно-размольное оборудование	Уменьшение размеров частиц твердых материалов (дробилки, мельницы)
Смесители	Механическое перемешивание неоднородных твердых и жидких материалов (получение суспензий, эмульсий)
Грануляторы, прессы	Увеличение размеров частиц твердых сыпучих материалов
Классификаторы	Разделение твердых веществ по величине, форме или плотности частиц (ситя, грохота)
Питатели (дозаторы)	Непрерывная или периодическая подача материалов в заданном количестве
Машины для транспортировки газов и жидкостей	Перемещение газообразных (вентиляторы, компрессоры, газодувки) и жидких материалов (насосы поршневые, центробежные, вихревые, ротационные, струйные, погружные) в пределах цеха или предприятия

Технологическое оборудование по принципу организации технологического процесса подразделяются на оборудование **непрерывного** и **периодического** действия.

Машины и аппараты **непрерывного действия** характеризуются тем, что основные стадии (операции) технологического процесса осуществляются в разных рабочих объемах оборудования, но в одно и то же время. Как

правило, машины и аппараты непрерывного действия менее металло- и энергоемки, отличаются простотой конструкции и высокой удельной производительностью.

В машинах и аппаратах **периодического действия** основные стадии (операции) технологического процесса осуществляются в одном и том же рабочем объеме, но в разное время. Основное достоинство оборудования периодического действия – большая технологическая гибкость, т.е. возможность быстрого перехода с одного вида продукции на другой с минимальными затратами времени без снижения качества продукции.

По степени автоматизации технологические машины можно разделить на следующие группы:

- **простые** – машины, с помощью которых человек-оператор совершает заданные технологические операции по программе, которую «держит в голове»;
- **полуавтоматические** (полуавтоматические) – машины, которые выполняют основные технологические операции согласно заложенной в них программе без непосредственного участия оператора, в функции которого входят лишь загрузка, разгрузка, контроль и регулирование машины;
- **автоматические** – машины, выполняющие после загрузки и выключения все рабочие операции по заданной программе без участия оператора (машина-автомат). Если машина-автомат обладает способностью производить логические операции, вырабатывать и осуществлять в соответствии со своим целевым назначением программу действия с учетом переменных условий протекания технологического процесса, то она называется **самонастраивающейся**.

В зависимости от производственного назначения, оборудование химического производства подразделяют на следующие классы:

- технологическое;
- энергетическое;
- транспортное;
- ремонтное;
- грузоподъемное;
- вспомогательное.

Большую группу оборудования составляют трубопроводные системы, включающие трубопроводы, фасонные изделия (отводы, тройники), компенсаторы, запорную и предохранительную арматуру (вентили, краны, задвижки, клапаны). Данное оборудование занимает до 40% производственных площадей.

Важнейшими факторами, определяющими тип используемого для технологического процесса аппарата, являются агрегатное состояние веществ, участвующих в процессе, их химические свойства, температура, давление, тепловой эффект.

7.2 Общие направления создания химического оборудования

При создании современного химического оборудования общими направлениями являются **унификация, интенсификация, малое энергопотребление, эргономика, укрупнение, повышение надежности.**

Унификация. Оборудование для проведения химико-технологических процессов весьма разнообразно, однако в различных отраслях химической промышленности 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.

Введение унификации химического оборудования облегчает проектирование, изготовление и эксплуатацию аппаратов и машин, повышает их надежность и эффективность использования.

Унификация дает большой экономический и технологический эффект, способствует повышению качества, долговечности, работоспособности, а также степени безопасности оборудования при эксплуатации, упрощается и ускоряется ремонт оборудования. Это достигается установившимся и проверенным процессом изготовления стандартных деталей оборудования и нормализованными методами испытания и приемки.

При проектировании целесообразно выбирать унифицированное оборудование. Использование унифицированного оборудования облегчает проектирование, т.к. на такое оборудование существуют готовые расчеты и улучшается эксплуатация, т.к. известны все особенности эксплуатации унифицированного оборудования.

Интенсификация. Для предприятий химической промышленности характерными направлениями интенсификации производства являются рациональная организация труда, более полное использование установленных мощностей, имеющегося оборудования, совершенствование техники и технологии, механизация и автоматизация производства, повышение уровня непрерывности технологического процесса. Увеличение масштабов химических производств требует резкого повышения интенсивности и эффективности производственного оборудования, что достигается за счет применения высокого давления, катализаторов, увеличения скорости потоков, интенсификации различных химических и физико-химических процессов.

Повышение технической вооруженности предприятий, широкое внедрение комплексной механизации и автоматизации производственных процессов в целом ведет к улучшению условий и повышению безопасности труда. В то же время повышение скоростей материальных потоков, увеличение рабочих давлений, температур сопровождаются в отдельных случаях возникновением новых вредных факторов: шума и вибрации, электромагнитных излучений и др.

Очень важно при интенсификации производственных процессов разрабатывать одновременно *мероприятия, направленные на улучшение условий и повышение безопасности труда:*

- 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;
- организацию безопасного движения и эксплуатацию внутрицехового и заводского транспорта; внедрение стандартов безопасности;
- разработку и внедрение рациональных режимов труда и отдыха;
- расширение научных изысканий и внедрение на производстве рекомендаций по психологии безопасности труда.

Эргономика. Оборудование, установленное в цехах производства, 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. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы. Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.

Поэтому к технологическому оборудованию предъявляются и требования эргономики, 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 частей. Эти требования должны обеспечивать 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 человека (порог слуха, зрения, осязания и др.). Без реализации этих требований

затрудняется оперативная информация обслуживающего персонала о состоянии оборудования или оно 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 взаимодействиях с оборудованием и окружающей средой. Группа гигиенических требований включает показатели температуры, влажности, радиации, шума, вибрации, выделения токсичных веществ, степеней контакта с ними и др.

Эргономические требования включены также во многие стандарты ССБТ на конкретные виды оборудования.

Укрупнение химического оборудования. Развитие химической промышленности идет по пути интенсификации производств, разработки и внедрения новых высокоэкономичных производственных процессов, схем и видов сырья, увеличения единичных мощностей оборудования и производств, создания высокопроизводительного оборудования и на его базе крупных агрегатов.

Увеличение единичной мощности технологических установок и их комбинирование, помимо большого экономического эффекта, положительно сказывается на ряде факторов, определяющих безопасность технологических процессов.

Применение укрупненного оборудования позволяет увеличить его производительность при снижении капитальных затрат и эксплуатационных расходов. Уменьшается число аппаратов и машин, общая протяженность промежуточных инженерных коммуникаций (энергетических, технологических и других линий, канализационных сетей), что способствует резкому сокращению числа необходимой пускорегулирующей арматуры, контрольно-измерительных приборов, средств автоматизации, а также фланцевых соединений. Устраняются промежуточные емкости, что приводит к уменьшению количества продукта, находящегося в системе, уменьшается возможность его перелива из емкостей при перекачке. Уменьшается число насосов, компрессоров и другого механического оборудования. Сокращается площадь застройки, обслуживающий и ремонтный персонал. Компактное размещение укрупненных технологических установок облегчает их автоматизацию.

Отличительная особенность крупного агрегата – отсутствие резерва основного оборудования, вследствие чего для устранения любой неисправности в агрегате требуется его остановка, что влечет за собой большие убытки. Для устранения такого недостатка агрегаты должны быть высоконадежными и безопасными.

Большое значение для обеспечения безопасности агрегатов большой единичной мощности имеет всестороннее изучение процессов, в которых могут создаться условия для пожаров и взрывов. К таким процессам следует, прежде всего, отнести окисление, нитрование, хлорирование и другие. Для

разработки мер, направленных на предупреждение аварийных ситуаций при осуществлении новых технологических процессов должны быть изучены: механизм и кинетика химических реакций, условия образования и накопления промежуточных и избыточных продуктов, их пожаро- и взрывоопасность, роль температуры и давления, а также другие факторы, на основании которых должны быть определены безопасные параметры технологического процесса, конструкции аппаратов, средства защиты и предупреждения пожаров и взрывов.

Основные факторы, влияющие на пожаровзрывоопасность крупных агрегатов химической промышленности – сложность технологических линий, представляющих собой сооружения большой высоты со значительной плотностью размещения различных видов крупногабаритного оборудования, устройств, схем автоматики и контрольно-измерительной аппаратуры, большое количество легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, сжиженных горючих газов и твердых горючих материалов, ряд емкостей и аппаратов, в которых находятся пожаро- и взрывоопасные продукты под избыточным давлением и при высокой температуре, разветвленная сеть трубопроводов с многочисленной запорной и регулирующей арматурой.

Для обеспечения надежности и безопасности новых укрупненных агрегатов и технологических процессов 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 или склонные к самопроизвольному разложению вещества, участвующие или образующиеся в процессе производства, надежное исключение проникания одной среды в другую через уплотнители, стойкость конструкционных материалов в условиях рабочих параметров и среды; ремонтпригодность и другие требования, связанные с особенностями процесса.

Важное значение для надежной и безаварийной работы агрегатов имеет отработка головных образцов новых компрессоров, насосов и другого машинного оборудования, правильность применения серийного оборудования, подготовки агрегата к пуску и эксплуатации, качество его изготовления и монтажа.

Повышение надежности оборудования. С укрупнением мощностей технологических агрегатов существенно повышаются требования к их надежности и безопасной эксплуатации.

Повышение надежности современного химического оборудования имеет особое значение, так как его эксплуатация зачастую бывает связана с обработкой токсичных, пожаро- и взрывоопасных веществ и осуществляется под высоким давлением или в глубоком вакууме, при высоких или низких температурах, больших скоростях перемещения материальных сред.

Под надежностью понимают свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Надежность оборудования обусловлена комплексными показателями: безотказность, ремонтпригодность, восстанавливаемость, долговечность, сохраняемость, готовность или определенные сочетания этих свойств.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять способность выполнять требуемые функции в течение некоторого времени или наработки в заданных режимах и условиях применения. Это свойство особенно важно для машин, отказ в работе которых связан с опасностью для жизни людей. Безотказность свойственна объекту в любом из возможных режимов его существования, в том числе, при хранении и транспортировке.

Долговечность – свойство объекта, заключающееся в его способности выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях использования, технического обслуживания и ремонта до достижения предельного состояния.

В отличие от безотказности долговечность характеризуется продолжительностью работы объекта по суммарной наработке, прерываемой периодами для восстановления его работоспособности в плановых и неплановых ремонтах и при техническом обслуживании.

Ремонтпригодность – свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к поддержанию и восстановлению состояния, в котором объект способен выполнять требуемые функции, путем технического обслуживания и ремонта.

Восстанавливаемость – свойство объекта, заключающееся в его способности восстанавливаться после отказа без ремонта. Для восстановления могут требоваться или не требоваться внешние воздействия. Для случая, когда внешние воздействия не требуются, может использоваться термин самовосстанавливаемость.

Сохраняемость – свойство объекта сохранять способность к выполнению требуемых функций после хранения и (или) транспортирования при заданных сроках и условиях хранения и (или) транспортирования.

Практическая роль этого свойства велика для деталей, узлов и механизмов, находящихся на хранении в комплекте запасных принадлежностей.

Готовность – свойство объекта, заключающееся в его способности находиться в состоянии, в котором он может выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и ремонта в предположении, что все необходимые внешние ресурсы обеспечены. Готовность зависит от свойств безотказности, ремонтпригодности и восстанавливаемости объекта.

Основные направления повышения надежности химического оборудования. Надежность оборудования рассчитывают и закладывают при проектировании, обеспечивают при изготовлении и поддерживают в условиях эксплуатации.

При проектировании оборудования необходимо применительно к условиям эксплуатации выбирать конструкцию оптимальных форм и размеров, требуемой механической прочности и герметичности,

выполненную, по возможности, из стандартизованных и унифицированных узлов и деталей.

Важное значение имеет выбор конструкционных материалов с учетом общих и специальных условий эксплуатации оборудования: давления, температуры, агрессивного воздействия среды и др.

При проектировании оборудования стремятся к упрощению кинематических схем, уменьшению действующих в машинах динамических нагрузок, применению средств защиты от перегрузок и т.д.

В процессе *изготовления оборудования* реализуются все основные пути создания этого оборудования надежным в определенных условиях эксплуатации. К ним относятся: получение заготовок высокого качества; применение современных технологических приемов, обеспечивающих качественное изготовление и сборку оборудования, применение процессов упрочняющей обработки для получения требуемого качества материала рабочих деталей с высоким сопротивлением износу в условиях эксплуатации; повышение точности изготовления деталей и сборки машин и, аппаратов и т.д.

В процессе *эксплуатации* надежность оборудования поддерживается строгим соблюдением заданных параметров рабочего режима, качественным обслуживанием и необходимым профилактическим обслуживанием.

Одним из методов повышения надежности является *резервирование* – способ обеспечения надежности объекта за счет использования дополнительных средств и/или возможностей сверх минимально необходимых для выполнения требуемых функций

Различают два принципиально различных метода резервирования: общее, при котором резервируется весь аппарат, и отдельное, при котором резервируются отдельные узлы аппарата. Раздельное резервирование при прочих равных условиях обеспечивает больший выигрыш в надежности, чем общее, особенно при большом числе резервируемых аппаратов и большой кратности резервирования.

Кратность резервирования – отношение числа резервных аппаратов к числу резервируемых; она может быть целой и дробной. В первом случае за основным аппаратом закреплены один или несколько резервных, во втором определенное число резервных аппаратов приходится на несколько основных.

К резервированию с дробной кратностью относится также резервирование со скользящим резервом, при котором любой из резервных аппаратов может замещать любой основной аппарат. После замещения резервный аппарат становится основным и при отказе может быть замещен любым из оставшихся резервных. Скользящее резервирование дает наибольший выигрыш в надежности, но его осуществление возможно лишь при однотипности аппаратов.

Резервирование может быть постоянным, при котором резервные аппараты присоединены к основным в течение всего времени работы и работают одновременно с ними или замещаемым, т. е. включаемым временно

для замещения основного аппарата в случае его отказа. Постоянное резервирование становится единственно возможным в тех случаях, когда недопустимы, даже кратковременные остановки процесса для перехода с основного аппарата на резервный.

Наряду с достоинствами, резервирование имеет и недостатки: оно усложняет оборудование, удорожает его обслуживание, содержание и ремонт и поэтому не всегда экономически выгодно.

Использовать резервирование целесообразно лишь в том случае, когда отсутствуют более простые способы повышения надежности технологического оборудования.

7.3 Износ технологического оборудования

При работе любого производственного оборудования происходят процессы, связанные с постепенным снижением его рабочих характеристик и изменением свойств деталей и узлов. Накапливаясь, они могут привести к полной остановке и серьезной поломке. Чтобы избежать негативных экономических последствий, предприятия организуют у себя процесс управления износом и своевременного обновления основных фондов.

Изменения, приводящие к физическому износу технологического оборудования, возникают постепенно и накапливаются в ходе эксплуатации. Существует много факторов, определяющих скорость старения. Негативно сказываются: трение, статические, импульсные или периодические механические нагрузки, температурный режим, особенно экстремальный (рисунок 3).

Чтобы определить степень и причины износа, на каждом предприятии создается и действует комиссия по основным фондам. Износ оборудования определяется одним из следующих способов:

- Наблюдение. Включает в себя визуальный осмотр и комплексы измерений и испытаний.
- По сроку эксплуатации. Определяется как отношение фактического срока использования к нормативному. Значение этого отношения принимается за величину износа в процентном выражении.
- укрупненная оценка состояния объекта производится с помощью специальных метрик и шкал.
- Прямое измерение в деньгах. Сопоставляется стоимость приобретения новой аналогичной единицы основных средств и расходы на восстановительный ремонт.
- Доходность дальнейшего использования. Оценивается снижение дохода с учетом всех издержек по восстановлению свойств по сравнению с теоретическим доходом.



Рисунок 3 – Схема взаимосвязи видов износа.

Обычно физический износ технологического оборудования приводит к ухудшению технических показателей, что неминуемо отражается на ее стоимости. В общем случае стоимость C и физический износ машины связаны зависимостью:

$$C = C_v - C_{и,физ} = C_v (1 - K_{и,физ}), \quad (4)$$

где C_v – полная стоимость воспроизводства машины,

$C_{и,физ}$ – стоимость физического износа машины,

$K_{и,физ}$ – коэффициент ее физического износа.

Видно, что $K_{и,физ}$ представляет собой долю восстановительной стоимости, которую машина потеряла вследствие физического износа, а:

$$K_{и,физ} \cdot C_{в} = C_{и,физ}, \quad (5)$$

является стоимостью физического износа. Потеря машиной своих первоначальных показателей при эксплуатации – неотвратимый процесс, протекающий с большей или меньшей интенсивностью в зависимости от конструкции.

В настоящее время для определения степени физического износа машин при их оценке применяются различные методы, которые часто дополняют друг друга :1) метод экспертизы физического состояния; 2) метод эффективного возраста (срока службы); 3) метод средневзвешенного хронологического возраста; 4) метод экспертно-аналитический; 5) метод ухудшения главного параметра

Примеры. Метод средневзвешенного хронологического возраста. Метод может быть применен тогда, когда после нескольких лет эксплуатации машины, замен и ремонтов ряда ее деталей и узлов возраст их оказался разным. В этом случае коэффициент физического износа машины может быть рассчитан по формуле:

$$k_{и,физ} = \frac{T_{ср/взв}}{T_n} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i \cdot d_i}{T_n}, \quad (6)$$

где $T_{ср/взв}$ – средневзвешенный хронологический возраст машины;
 T_i – хронологический (или эффективный) возраст i -го агрегата;
 d_i – доля i -го агрегата в восстановительной стоимости машины;
 n – количество разновозрастных агрегатов в машине.

Метод ухудшения главного параметра. Метод предполагает, что физический износ проявляется в ухудшении какого-либо одного характерного эксплуатационного параметра машины (производительности, точности, мощности, расхода топлива или электроэнергии, потока отказов и т.п.). Если такой параметр найден для данного вида машин, то коэффициент физического износа рассчитывается следующим образом:

$$k_{и,физ} = 1 - \left(\frac{X}{X_0} \right)^b, \quad (7)$$

где X_0 , X – значения главного параметра машины в начале эксплуатации и на момент оценки соответственно;

b – показатель степени, характеризующий силу влияния главного параметра на стоимость машины (обычно для коэффициента торможения принимают значения 0,6–0,8).

7.4 Требования безопасности, предъявляемые к основному технологическому 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 ГОСТ 12.2.003-91.

Производственное оборудование должно обеспечивать безопасность работающих при монтаже (демонтаже), вводе в эксплуатацию и эксплуатации как в случае автономного использования, так и в составе технологических комплексов при соблюдении требований (условий, правил), предусмотренных эксплуатационной документацией. Примечание. Эксплуатация включает в себя в общем случае использование по назначению, техническое обслуживание и ремонт, транспортирование и хранение.

Безопасность конструкции производственного оборудования обеспечивается:

- 1) выбором принципов действия и конструктивных решений, источников энергии и характеристик энергоносителей, параметров рабочих процессов, системы управления и ее элементов;
- 2) минимизацией потребляемой и накапливаемой энергии при функционировании оборудования;
- 3) выбором комплектующих изделий и материалов для изготовления конструкций, а также применяемых при эксплуатации;
- 4) выбором технологических процессов изготовления;
- 5) применением встроенных в конструкцию средств защиты работающих, а также средств информации, предупреждающих о возникновении опасных (в том числе пожаровзрывоопасных) ситуаций (опасная ситуация - ситуация, возникновение которой может вызвать воздействие на работающего (работающих) опасных и вредных производственных факторов);
- 6) надежностью конструкции и ее элементов (в том числе дублированием отдельных систем управления, средств защиты и информации, отказы которых могут привести к созданию опасных ситуаций);
- 7) применением средств механизации, автоматизации (в том числе автоматического регулирования параметров рабочих процессов) дистанционного управления и контроля;
- 8) возможностью использования средств защиты, не входящих в конструкцию;
- 9) выполнением эргономических требований;
- 10) ограничением физических и нервнопсихических нагрузок на работающих.

Производственное оборудование в процессе эксплуатации:

не должно загрязнять окружающую среду 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 низких давлений и температур, агрессивных веществ, и других факторов.

Требования безопасности предъявляются к оборудованию в течение всего срока его службы. 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, автоматизации 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.

Требования к конструкции и ее отдельным частям:

1. Материалы конструкции производственного оборудования не должны оказывать опасное и вредное воздействие на организм человека на всех заданных режимах работы и предусмотренных условиях эксплуатации, а также создавать пожаровзрывоопасные ситуации.

2. Конструкция производственного оборудования должна исключать на всех предусмотренных режимах работы нагрузки на детали и сборочные единицы, способные вызвать разрушения, представляющие опасность для работающих. Если возможно возникновение нагрузок, приводящих к опасным для работающих разрушениям отдельных деталей или сборочных единиц, то производственное оборудование должно быть оснащено устройствами, предотвращающими возникновение разрушающих нагрузок, а такие детали и сборочные единицы должны быть ограждены или расположены так, чтобы их разрушающиеся части не создавали травмоопасных ситуаций.

3. Конструкция производственного оборудования и его отдельных частей должна исключать возможность их падения, опрокидывания и самопроизвольного смещения при всех предусмотренных условиях эксплуатации и монтажа (демонтажа). Если из-за формы производственного оборудования, распределения масс отдельных его частей и (или) условий монтажа (демонтажа) не может быть достигнута необходимая устойчивость, то должны быть предусмотрены средства и методы закрепления, о чем эксплуатационная документация должна содержать соответствующие требования.

4. Конструкция производственного оборудования должна исключать падение или выбрасывание предметов (например, инструмента, заготовок, обработанных деталей, стружки), представляющих опасность для работающих, а также выбросов смазывающих, охлаждающих и других рабочих жидкостей. Если для указанных целей необходимо использовать

защитные ограждения, не входящие в конструкцию, то эксплуатационная документация должна содержать соответствующие требования к ним.

5. Движущиеся части производственного оборудования, являющиеся возможным источником травмоопасности, должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикосания к ним работающего или использованы другие средства (например, двуручное управление), предотвращающие травмирование. Если функциональное назначение движущихся частей, представляющих опасность, не допускает использование ограждений или других средств, исключающих возможность прикосания работающих к движущимся частям, то конструкция производственного оборудования должна предусматривать сигнализацию, предупреждающую о пуске оборудования, а также использование сигнальных цветов и знаков безопасности.

В непосредственной близости от движущихся частей, находящихся вне поля видимости оператора, должны быть установлены органы управления аварийным остановом (торможением), если в опасной зоне, создаваемой движущимися частями, могут находиться работающие.

6. Конструкция зажимных, захватывающих, подъемных и загрузочных устройств или их приводов должна исключать возможность возникновения опасности при полном или частичном самопроизвольном прекращении подачи энергии, а также исключать самопроизвольное изменение состояния этих устройств при восстановлении подачи энергии.

7. Элементы конструкции производственного оборудования не должны иметь острых углов, кромок, заусенцев и поверхностей с неровностями, представляющих опасность травмирования работающих, если их наличие не определяется функциональным назначением этих элементов. В последнем случае должны быть предусмотрены меры защиты работающих.

8. Части производственного оборудования (в том числе трубопроводы гидро-, паро-, пневмосистем, предохранительные клапаны, кабели и др.), механическое повреждение которых может вызвать возникновение опасности, должны быть защищены ограждениями или расположены так, чтобы предотвратить их случайное повреждение работающими или средствами технического обслуживания.

9. Конструкция производственного оборудования должна исключать самопроизвольное ослабление или разъединение креплений сборочных единиц и деталей, а также исключать перемещение подвижных частей за пределы, предусмотренные конструкцией, если это может повлечь за собой создание опасной ситуации.

10. Производственное оборудование должно быть пожаро- и взрывобезопасным в предусмотренных условиях эксплуатации. Технические средства и методы обеспечения пожаро- и взрывобезопасности (например, предотвращение образования пожаро- и взрывоопасной среды, исключение образования источников зажигания и инициирования взрыва, предупредительная сигнализация, система пожаротушения, аварийная вентиляция, герметические оболочки, аварийный слив горючих жидкостей и

сравливание горючих газов, размещение производственного оборудования или его отдельных частей в специальных помещениях) должны устанавливаться в стандартах, технических условиях и эксплуатационных документах на производственное оборудование конкретных групп, видов, моделей (марок).

11. Конструкция производственного оборудования, приводимого в действие электрической энергией, должна включать устройства (средства) для обеспечения электробезопасности.

Технические средства и способы обеспечения электробезопасности (например, ограждение, заземление, зануление, изоляция токоведущих частей, защитное отключение и др.) должны устанавливаться в стандартах и технических условиях на производственное оборудование конкретных групп, видов, моделей (марок) с учетом условий эксплуатации и характеристик источников электрической энергии. Производственное оборудование должно быть выполнено так, чтобы исключить накопление зарядов статического электричества в количестве, представляющем опасность для работающего, и исключить возможность пожара и взрыва.

12. Производственное оборудование, действующее с помощью неэлектрической энергии (например, гидравлической, пневматической, энергии пара), должно быть выполнено так, чтобы все опасности, вызываемые этими видами энергии, были исключены.

Конкретные меры по исключению опасности должны быть установлены в стандартах, технических условиях и эксплуатационной документации на производственное оборудование конкретных групп, видов, моделей (марок).

13. Производственное оборудование, являющееся источником шума, ультразвука и вибрации, должно быть выполнено так, чтобы шум, ультразвук и вибрация в предусмотренных условиях и режимах эксплуатации не превышали установленные стандартами допустимые уровни.

14. Производственное оборудование, работа которого сопровождается выделением вредных веществ (в том числе пожаровзрывоопасных), и (или) вредных микроорганизмов, должно включать встроенные устройства для их удаления или обеспечивать возможность присоединения к производственному оборудованию удаляющих устройств, не входящих в конструкцию.

Устройство для удаления вредных веществ и микроорганизмов должно быть выполнено так, чтобы концентрация вредных веществ и микроорганизмов в рабочей зоне, а также их выбросы в природную среду не превышали значений, установленных стандартами и санитарными нормами. В необходимых случаях должна осуществляться очистка и (или) нейтрализация выбросов.

Если совместное удаление различных вредных веществ и микроорганизмов представляет опасность, то должно быть обеспечено их раздельное удаление.

15. Производственное оборудование должно быть выполнено так, чтобы воздействие на работающих вредных излучений было исключено или ограничено безопасными уровнями.

16. Конструкция производственного оборудования и (или) его размещение должны исключать контакт его горючих частей с пожаровзрывоопасными веществами, если такой контакт может явиться причиной пожара или взрыва, а также исключать возможность соприкосновения работающего с горячими или переохлажденными частями или нахождение в непосредственной близости от таких частей, если это может повлечь за собой травмирование, перегрев или переохлаждение работающего.

Если назначение производственного оборудования и условия его эксплуатации (например, использование вне производственных помещений) не могут полностью исключить контакт работающего с переохлажденными или горячими его частями, то эксплуатационная документация должна содержать требование об использовании средств индивидуальной защиты.

17. Конструкция производственного оборудования должна исключать опасность, вызываемую разбрызгиванием горячих обрабатываемых и (или) используемых при эксплуатации материалов и веществ.

Если конструкция не может полностью обеспечить исключение такой опасности, то эксплуатационная документация должна содержать требования об использовании средств защиты, не входящих в конструкцию.

18. Производственное оборудование должно быть оснащено местным освещением, если его отсутствие может явиться причиной перенапряжения органа зрения или повлечь за собой другие виды опасности.

Характеристика местного освещения должна соответствовать характеру работы, при выполнении которой возникает в нем необходимость.

Местное освещение, его характеристика и места расположения должны устанавливаться в стандартах, технических условиях и эксплуатационной документации на производственное оборудование конкретных групп, видов, моделей (марок).

19. Конструкция производственного оборудования должна исключать ошибки при монтаже, которые могут явиться источником опасности. В случае, когда данное требование может быть выполнено только частично, эксплуатационная документация должна содержать порядок выполнения монтажа, объем проверок и испытаний, исключающих возможность возникновения опасных ситуаций из-за ошибок монтажа.

Трубопроводы, шланги, провода, кабели и другие соединяющие детали и сборочные единицы должны иметь маркировку в соответствии с монтажными схемами.

Требования безопасности к основным элементам конструкции и системе управления, обусловленные особенностями назначения, устройства и работы данной группы производственного оборудования и его составных частей:

предупреждение или ограничение возможного воздействия опасных и вредных производственных факторов до регламентированных уровней;

устранение причин, способствующих возникновению опасных и вредных производственных факторов;

устройство органов управления и другие требования.

В стандартах на отдельные группы производственного оборудования указываются:

движущиеся ограждения;

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.

Требования к рабочим местам

1. Конструкция рабочего места, его размеры и взаимное расположение элементов (органов управления, средств отображения информации, вспомогательного оборудования и др.) должны обеспечивать безопасность при использовании производственного оборудования по назначению, техническом обслуживании, ремонте и уборке, а также соответствовать эргономическим требованиям.

Необходимость наличия на рабочих местах средств пожаротушения и других средств, используемых в аварийных ситуациях, должна быть установлена в стандартах, технических условиях и эксплуатационной документации на производственное оборудование конкретных групп, видов, моделей (марок).

Если для защиты от неблагоприятных воздействий опасных и вредных производственных факторов в состав рабочего места входит кабина, то ее конструкция должна обеспечивать необходимые защитные функции, включая создание оптимальных микроклиматических условий, удобство выполнения рабочих операций и оптимальный обзор производственного оборудования и окружающего пространства.

2. Размеры рабочего места и размещение его элементов должны обеспечивать выполнение рабочих операций в удобных рабочих позах и не затруднять движений работающего.

3. При проектировании рабочего места следует предусматривать возможность выполнения рабочих операций в положении сидя или при чередовании положений сидя и стоя, если выполнение операций не требует постоянного передвижения работающего.

Конструкции кресла и подставки для ног должны соответствовать эргономическим требованиям.

Если расположение рабочего места вызывает необходимость перемещения и (или) нахождения работающего выше уровня пола, то

конструкция должна предусматривать площадки, лестницы, перила и другие устройства, размеры и конструкция которых должны исключать возможность падения работающих и обеспечивать удобное и безопасное выполнение трудовых операций, включая операции по техническому обслуживанию.

Требования к системе управления:

1. Система управления должна обеспечивать надежное и безопасное ее функционирование на всех предусмотренных режимах работы производственного оборудования и при всех внешних воздействиях, предусмотренных условиями эксплуатации. Система управления должна исключать создание опасных ситуаций из-за нарушения работающим (работающими) последовательности управляющих действий.

На рабочих местах должны быть надписи, схемы и другие средства информации о необходимой последовательности управляющих действий.

2. Система управления производственным оборудованием должна включать средства экстренного торможения и аварийного останова (выключения), если их использование может уменьшить или предотвратить опасность.

Необходимость включения в систему управления указанных средств должна устанавливаться в стандартах и технических условиях на производственное оборудование конкретных групп, видов, моделей (марок).

3. В зависимости от сложности управления и контроля за режимом работы производственного оборудования система управления должна включать средства автоматической нормализации режима работы или средства автоматического останова, если нарушение режима работы может явиться причиной создания опасной ситуации.

Система управления должна включать средства сигнализации и другие средства информации, предупреждающие о нарушениях функционирования производственного оборудования, приводящих к возникновению опасных ситуаций.

Конструкция и расположение средств, предупреждающих о возникновении опасных ситуаций, должны обеспечивать безошибочное, достоверное и быстрое восприятие информации.

Необходимость включения в систему управления средств автоматической нормализации режимов работы или автоматического останова устанавливают в стандартах и технических условиях на производственное оборудование конкретных групп, видов, моделей (марок).

4. Система управления технологическим комплексом должна исключать возникновение опасности в результате совместного функционирования всех единиц производственного оборудования, входящих в технологический комплекс, а также в случае выхода из строя какой-либо его единицы.

5. Система управления отдельной единицей производственного оборудования, входящей в технологический комплекс, должна иметь устройства, с помощью которых можно было бы в необходимых случаях (например, до окончания работ по техническому обслуживанию)

заблокировать пуск в ход технологического комплекса, а также осуществить его останов.

6. Центральный пульт управления технологическим комплексом должен быть оборудован сигнализацией, мнемосхемой или другими средствами отображения информации о нарушениях нормального функционирования всех единиц производственного оборудования, составляющих технологический комплекс, средствами аварийного останова (выключения) всего технологического комплекса, а также отдельных его единиц, если аварийный останов отдельных единиц не приведет к усугублению аварийной ситуации.

7. Центральный пульт управления должен быть расположен или оборудован так, чтобы оператор имел возможность контролировать отсутствие людей в опасных зонах технологического комплекса либо система управления должна быть выполнена так, чтобы нахождение людей в опасной зоне исключало функционирование технологического комплекса, и каждому пуску предшествовал предупреждающий сигнал, продолжительность действия которого позволяла бы лицу, находящемуся в опасной зоне, покинуть ее или предотвратить функционирование технологического комплекса.

8. Командные устройства системы управления должны быть:

- 1) легко доступны и свободно различимы, в необходимых случаях обозначены надписями, символами или другими способами;
- 2) сконструированы и размещены так, чтобы исключалось произвольное их перемещение и обеспечивалось надежное, уверенное и однозначное манипулирование, в том числе при использовании работающим средств индивидуальной защиты;
- 3) размещены с учетом требуемых усилий для перемещения, последовательности и частоты использования, а также значимости функций;
- 4) выполнены так, чтобы их форма, размеры и поверхности контакта с работающим соответствовали способу захвата (пальцами, кистью) или нажатия (пальцем, ладонью, стопой ноги);
- 5) расположены вне опасной зоны, за исключением органов управления, функциональное назначение которых (например, органов управления движением робота в процессе его наладки) требует нахождения работающего в опасной зоне; при этом должны быть приняты дополнительные меры по обеспечению безопасности (например, снижение скорости движущихся частей робота).

9. Пуск производственного оборудования в работу, а также повторный пуск после останова независимо от его причины должен быть возможен только путем манипулирования органом управления пуском.

Данное требование не относится к повторному пуску производственного оборудования, работающего в автоматическом режиме, если повторный пуск после останова предусмотрен этим режимом.

Если система управления имеет несколько органов управления, осуществляющих пуск производственного оборудования или его отдельных

частей и нарушение последовательности их использования может привести к созданию опасных ситуаций, то система управления должна включать устройства, исключающие создание таких ситуаций.

10. Орган управления аварийным остановом после включения должен оставаться в положении, соответствующем останову, до тех пор, пока он не будет возвращен работающим в исходное положение; его возвращение в исходное положение не должно приводить к пуску производственного оборудования.

Орган управления аварийным остановом должен быть красного цвета, отличаться формой и размерами от других органов управления.

11. При наличии в системе управления переключателя режимов функционирования производственного оборудования каждое положение переключателя должно соответствовать только одному режиму (например, режиму регулирования, контроля и т.п.) и надежно фиксироваться в каждом из положений, если отсутствие фиксации может привести к созданию опасной ситуации.

Если на некоторых режимах функционирования требуется повышенная защита работающих, то переключатель в таких положениях должен:

блокировать возможность автоматического управления;

движение элементов конструкции осуществлять только при постоянном приложении усилия работающего к органу управления движением;

прекращать работу сопряженного оборудования, если его работа может вызвать дополнительную опасность;

исключать функционирование частей производственного оборудования, не участвующих в осуществлении выбранного режима;

снижать скорости движущихся частей производственного оборудования, участвующих в осуществлении выбранного режима.

12. Полное или частичное прекращение энергоснабжения и последующее его восстановление, а также повреждение цепи управления энергоснабжением не должны приводить к возниканию опасных ситуаций, в том числе:

самопроизвольному пуску при восстановлении энергоснабжения;

невыполнению уже выданной команды на останов;

падению и выбрасыванию подвижных частей производственного оборудования и закрепленных на нем предметов (например, заготовок, инструмента и т.д.);

снижению эффективности защитных устройств.

Требования к средствам защиты, входящим в конструкцию, и сигнальным устройствам:

1. Конструкция средств защиты должна обеспечивать возможность контроля выполнения ими своего назначения до начала и (или) в процессе функционирования производственного оборудования.

2. Средства защиты должны выполнять свое назначение непрерывно в процессе функционирования производственного оборудования или при возникании опасной ситуации.

3. Действие средств защиты не должно прекращаться раньше, чем закончится действие соответствующего опасного или вредного производственного фактора.

4. Отказ одного из средств защиты или его элемента не должен приводить к прекращению нормального функционирования других средств защиты.

5. Производственное оборудование, в состав которого входят средства защиты, требующие их включения до начала функционирования производственного оборудования и (или) выключения после окончания его функционирования, должно иметь устройства, обеспечивающие такую последовательность.

6. Конструкция и расположение средств защиты не должны ограничивать технологические возможности производственного оборудования и должны обеспечивать удобство эксплуатации и технического обслуживания.

Если конструкция средств защиты не может обеспечить все технологические возможности производственного оборудования, то приоритетным является требование обеспечения защиты работающего.

7. Форма, размеры, прочность и жесткость защитного ограждения, его расположение относительно ограждаемых частей производственного оборудования должны исключать воздействие на работающего ограждаемых частей и возможных выбросов (например, инструмента, обрабатываемых деталей).

8. Конструкция защитного ограждения должна:

- 1) исключать возможность самопроизвольного перемещения из положения, обеспечивающего защиту работающего;
- 2) допускать возможность его перемещения из положения, обеспечивающего защиту работающего только с помощью инструмента, или блокировать функционирование производственного оборудования, если защитное ограждение находится в положении, не обеспечивающем выполнение своих защитных функций;
- 3) обеспечивать возможность выполнения работающим предусмотренных действий, включая наблюдение за работой ограждаемых частей производственного оборудования, если это необходимо;
- 4) не создавать дополнительные опасные ситуации;
- 5) не снижать производительность труда.

9. Сигнальные устройства, предупреждающие об опасности, должны быть выполнены и расположены так, чтобы их сигналы были хорошо различимы и слышны в производственной обстановке всеми лицами, которым угрожает опасность.

10. Части производственного оборудования, представляющие опасность, должны быть окрашены в сигнальные цвета и обозначены соответствующим знаком безопасности.

Контрольные вопросы к разделу 4

1. Дайте определение и характеристику потенциально опасным технологическим процессам.
2. Назовите основные причины возникновения аварийной ситуации.
3. Опишите технологические методы снижения опасности и требования безопасности, предъявляемые к технологическим процессам.
4. Опишите назначение приборов автоматического контроля, защиты, блокировки и управления.
5. Охарактеризуйте документ Технологический регламент.
6. Назначение инженерно-технических средств безопасности: оградительные и предохранительные устройства; сигнализация безопасности; разрывы и габариты безопасности и др.
7. Принципы классификации основного технологического оборудования в химической промышленности.
8. Сформулируйте общие направления создания химического оборудования: унификация, интенсификация и т.д.
9. Сформулируйте основные мероприятия, направленные на улучшение условий и повышение безопасности труда, надежности химического оборудования.
10. Назовите основные требования безопасности, предъявляемые к основному технологическому оборудованию.

Список используемых источников к разделу 4

1. **Приказ Ростехнадзор** от 11 марта 2013 года № 96 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (с изменениями на 26 ноября 2015 года) // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/499013213> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

2. **Межгосударственный стандарт** ГОСТ 12.3.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Процессы производственные. Общие требования безопасности (Переиздание) // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200124407> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

3. **Межгосударственный стандарт** ГОСТ 12.4.026-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний» (с Поправками, с Изменением N 1) // [Электронный ресурс]: – URL:

<http://docs.cntd.ru/document/1200136061> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

4. **Межгосударственный стандарт** ГОСТ 16327-88 Комплекты упаковочные транспортные для радиоактивных веществ. Общие технические условия (с Изменением N 1) // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200015571> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

5. **Межгосударственный стандарт** ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

6. **Межгосударственный стандарт** ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200005187> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

7. **Межгосударственный стандарт** ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200234> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

8. **Межгосударственный стандарт** ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200136419> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

9. **Межгосударственный стандарт** ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/901702428> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

10. **Государственный стандарт** ГОСТ Р 51615-2000 Вещества взрывчатые промышленные. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение (с Изменением N 1) // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200008195> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

11. **Положение** о технологических регламентах производства продукции на предприятиях химического комплекса от 06.05.2000 // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200029120> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

12. **Руководящий документ** РД 09-251-98 «Положение о порядке разработки и содержания раздела «Безопасная эксплуатация производств» технологического регламента (с Изменением N 1)» // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200006004> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

Раздел 5 ТРУБОПРОВОДЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Сеть трубопроводов является источником повышенной опасности. Вследствие тяжелых (опасных) условий эксплуатации возможно разрушение материала труб, разгерметизация фланцевых соединений, а из-за большой протяженности, как линейности и разветвленности сети контроль за состоянием затруднен.

Материалом для трубопроводов, используемых в химической промышленности, разнообразен: чугун, углеродистые и легированные стали, медь и ее сплавы, свинец, титан, алюминий, фосфор, стекло, резина, пластические массы, углеграфитовые и др. Это объясняется различием условий, в которых работают трубопроводы. Выделяют основные факторы, определяющие выбор материалов для труб и арматуры: механическая прочность, стойкость к воздействию высоких и низких температур, а также коррозионная стойкость.

§ 8 Безопасная эксплуатация трубопроводов

Практически все трубопроводы на химических предприятиях прокладывают в соответствии с международными стандартами, ГОСТ, СНиП, СП и т.д. Безопасность и надежность эксплуатации элементов, составляющих трубопроводную сеть, в значительной степени зависит от правильного их выбора в соответствии с нормативами.

Трубопроводы, в зависимости от класса опасности транспортируемого вещества (взрыво-, пожароопасность и вредность), подразделяются на группы среды (А, Б, В) и, в зависимости от расчетных параметров среды (давления и температуры), на пять категорий (I, II, III, IV, V).

Категорию трубопровода следует устанавливать по параметру, требующему отнесения его к более ответственной категории. Категория трубопроводов определяет совокупность технических требований, предъявляемых к конструкции, монтажу и объему контроля трубопроводов.

Обозначение группы определенной транспортируемой среды содержит обозначение группы среды (А, Б, В) и подгруппы (а, б, в), отражающей токсичность и взрывопожароопасность веществ, входящих в эту среду. Обозначение трубопровода в общем виде содержит обозначение группы транспортируемой среды и ее категории. Обозначение «трубопровод I группа А(б)» обозначает трубопровод, по которому транспортируется среда группы А(б) с параметрами категории I.

Группу среды трубопровода, транспортирующего среды, состоящие из различных компонентов, устанавливают по компоненту, требующему отнесения трубопровода к более ответственной группе. При этом если содержание одного из компонентов в смеси превышает среднюю смертельную концентрацию в воздухе согласно ГОСТ 12.1.007, то группу смеси следует определять по этому веществу. Если наиболее опасный по физико-химическим свойствам компонент входит в состав смеси в

количестве, ниже смертельной дозы, вопрос об отнесении трубопровода к менее ответственной группе или категории трубопровода решается проектной организацией (автором проекта). Трубопроводы, транспортирующие вещества с рабочей температурой, равной или большей температуры их самовоспламенения, а также негорючие, трудногорючие и горючие вещества, которые при взаимодействии с водой или кислородом воздуха могут быть пожаровзрывоопасными, следует относить к I категории.

По решению разработчика допускается, в зависимости от условий эксплуатации, принимать более ответственную (чем определяемая по расчетным параметрам среды) категорию трубопровода.

Безопасность эксплуатации трубопроводов обеспечивается:

- их правильной прокладкой,
- качественным монтажом,
- установкой компенсаторов,
- установкой устройств обогрева и дренажа,
- постоянным контролем состояния трубопроводов и установленной на них арматуры,
- своевременным ремонтом и др.

8.1 Размещение трубопроводов

Прокладка трубопроводов должна обеспечивать:

- возможность использования предусмотренных проектом на технологические трубопроводы подъемно-транспортных средств и непосредственного контроля за техническим состоянием трубопроводов;
- разделение на технологические узлы и блоки с учетом производства монтажных и ремонтных работ с применением средств механизации;
- возможность выполнения всех видов работ по контролю, термической обработке сварных швов, испытанию, диагностированию;
- изоляцию и защиту трубопроводов от коррозии, атмосферного и статического электричества;
- предотвращение образования ледяных и других пробок в трубопроводе;
- наименьшую протяженность трубопроводов;
- исключение провисания и образования застойных зон;
- возможность самокомпенсации температурных деформаций трубопроводов и защиту от повреждений;
- возможность беспрепятственного перемещения подъемных механизмов, оборудования и средств пожаротушения.

Прокладка трубопроводов на химических предприятиях может быть:

- подземной: в проходных каналах (тоннелях), в непроходных каналах и безканальная (непосредственно в грунте);
- наземной: на опорах;

- надземной: на эстакадах, стойках, кронштейнах, по колоннам и стенам зданий.

Наиболее часто используют наземную и надземную прокладку, так как срок службы трубопроводов при такой прокладке больше примерно в 2,5 раза, чем при подземной. Кроме того, при наземной и надземной прокладке уменьшаются капитальные затраты и эксплуатационные расходы, обеспечивается возможность постоянного наблюдения за состоянием трубопроводов, облегчается их монтаж и ремонт.

Для трубопроводов *групп А, Б прокладка* должна быть *надземной* на несгораемых конструкциях, эстакадах, этажерках, стойках, опорах. Допускается прокладка таких трубопроводов на участках присоединения к насосам и компрессорам в непроходных каналах. В непроходных каналах допускается прокладка трубопроводов, транспортирующих вязкие, легкозастывающие и горючие жидкости группы Б(в) (мазут, масла и т.п.), а также в обоснованных случаях – прокладка дренажных трубопроводов групп А и Б в случае периодического опорожнения оборудования.

Для трубопроводов *группы В* допускается, помимо надземной прокладки, также *прокладка в каналах* (закрытых или с засыпкой песком), тоннелях или в грунте с учетом. При прокладке в грунте рабочая температура трубопровода не должна превышать 150⁰ С. Применение низких опорных конструкций допускается в тех случаях, когда это не препятствует движению транспорта и средств пожаротушения.

Прокладка в грунте трубопроводов, предназначенных для транспортирования чрезвычайно опасных и высокоопасных вредных веществ и дымящих кислот, запрещается действующими нормами и правилами.

Трубопроводы с горючими (в том числе сжиженными) газами, легковоспламеняющимися и горючими жидкостями разрешается в исключительных случаях прокладывать под землей только в проходных каналах, оборудованных надежной вентиляцией, люками.

При надземной прокладке трубопроводов в зависимости от их характеристик и условий эксплуатации применяют следующие типы опор: неподвижные и подвижные (скользящие, катковые и подвесные). Подвижные опоры дают возможность трубопроводу перемещаться при температурных деформациях.

Прокладка трубопроводов на низких и высоких отдельно стоящих опорах или эстакадах возможна при любом сочетании трубопроводов независимо от свойств и параметров транспортируемых веществ. При этом трубопроводы с веществами, смешение которых при разгерметизации может привести к аварии, следует располагать на максимальном взаимном удалении.

При многоярусной прокладке трубопроводов их следует располагать:

- трубопроводы кислот, щелочей и других агрессивных веществ - на самых нижних ярусах;

- трубопроводы с веществами групп Б(а), Б(б) - на верхнем ярусе и, по возможности, у края эстакады.

Трубопроводы из хрупких и пластичных материалов укладывают в сплошных лотках или на сплошных основаниях для предохранения от провисания и разрушения.

Конструкция опор для трубопроводов с компенсацией должна быть особенно надежной: «мертвые» опоры должны прочно держать трубопровод, а подвижные допускать осевое, а при самокомпенсации и поперечное перемещение трубопровода.

Трубопроводы следует прокладывать с некоторым уклоном, но избегая пониженных участков (гидравлических «мешков») и тупиков, в которых могут скапливаться продукты. Газопроводы, транспортирующие конденсирующиеся газы или газы, содержащие пары воды, должны иметь дренажные устройства, предназначенные для отвода конденсата или воды. Особо важное значение имеют дренажные устройства для безопасной эксплуатации паропроводов.

По несгораемой поверхности несущих стен производственных зданий допускается прокладывать внутрицеховые трубопроводы с условным проходом до 200 мм, исходя из допускаемых нагрузок на эти стены. Такие трубопроводы должны располагаться на 0,5 м ниже или выше оконных и дверных проемов. При этом трубопроводы с легкими газами располагаются выше, а с тяжелыми - ниже оконных и дверных проемов. Прокладка трубопроводов по стенам зданий со сплошным остеклением, а также по легкосбрасываемым конструкциям не допускается.

Внутрицеховые трубопроводы, транспортирующие вещества групп А, Б и газы группы В (с номинальным проходом до 100 мм), допускается прокладывать по наружной поверхности глухих стен вспомогательных помещений.

При проектировании трубопроводных трасс следует учитывать возможность реконструкции, для этого при определении размеров конструкций необходимо предусматривать резерв как по габаритам, так и по нагрузкам на эти конструкции. В каждом конкретном случае резерв определяется проектом.

При прокладке трубопроводов на низких опорах расстояние от поверхности земли до низа трубы и до теплоизоляции следует принимать в соответствии с требованиями НД. Для перехода через трубопроводы должны быть оборудованы пешеходные мостики.

Допускается предусматривать укладку трубопроводов диаметром до 300 мм включительно в два яруса и более, при этом расстояние от поверхности площадки до верха труб или теплоизоляции верхнего яруса должно быть, как правило, не более 1,5 м.

При соответствующих обоснованиях, если позволяет несущая способность трубопровода, допускается крепление к ним других трубопроводов меньшего диаметра. Не допускается такой способ крепления к трубопроводам, содержащим:

- среды групп А, Б;
- технологические среды с температурой выше 300°C и ниже минус 40°C или давлением выше 10 МПа (100 кгс/см²) независимо от температуры;
- вещества с температурой самовоспламенения в прикрепляемом трубопроводе ниже температуры самовоспламенения веществ в несущем трубопроводе.

Трубопроводы, проходящие через стены или перекрытия зданий, следует заключать в специальные гильзы или футляры. Сварные и разъемные соединения трубопроводов внутри футляров или гильз не допускаются.

Внутренний диаметр гильзы принимают на 10-12 мм больше наружного диаметра трубопровода (при отсутствии изоляции) или наружного диаметра изоляции (для изолированных трубопроводов).

Гильзы должны быть жестко заделаны в строительные конструкции, зазор между трубопроводом и гильзой (с обоих концов) следует заполнять негорючим материалом, допускающим перемещение трубопровода вдоль его продольной оси.

Гильзы не могут служить опорой трубопровода.

На трубопроводах выброса в атмосферу от технологических аппаратов, содержащих взрыво- и пожароопасные вещества, должны устанавливаться огнепреградители.

Прокладка трубопроводов в каналах допускается только при соответствующем обосновании. Межцеховые трубопроводы групп А и Б не допускается прокладывать под и над зданиями.

Трубопроводы групп А, Б(а), Б(б) не допускается укладывать в общих каналах с паропроводами, теплопроводами, кабелями силового и слабого токов.

Подземные трубопроводы, прокладываемые непосредственно в грунте в местах пересечения автомобильных дорог и железных дорог, должны быть размещены в защитных металлических или бетонных трубах, концы которых должны отстоять от головки рельсов или от бровки обочины дороги не менее чем на 2 м; расстояние от верхней образующей защитной трубы до подошвы шпалы железнодорожного пути должно быть не менее 1 м, до бровки полотна автодороги - не менее 0,5 м.

Свободная высота эстакад для трубопроводов над проездами и проходами должна быть не менее:

- 5,55 м - для железнодорожных путей (над головкой рельса);
- 5 м - (4,5 м при соответствующем обосновании) для автомобильных дорог;
- 2,2 м - для пешеходных дорог.

При пересечении высокими эстакадами железнодорожных путей и автомобильных дорог расстояние по горизонтали от грани ближайшей опоры эстакады должно быть не менее:

- 2,45 м - до оси железнодорожного пути нормальной колеи;
- 1,0 м - до бордюра автомобильной дороги.

При подземной прокладке трубопроводов, в случае одновременного расположения в одной траншее двух и более трубопроводов, их следует располагать в один ряд (в одной горизонтальной плоскости). Расстояние между ними в свету надлежит принимать при следующих номинальных диаметрах трубопроводов:

- до 300 мм вкл. - не менее 0,4 м;
- более 300 мм - не менее 0,5 м.

Подземные трубопроводы должны быть защищены от почвенной коррозии специальной усиленной противокоррозионной защитой (изоляция).

Глубина заложения подземных трубопроводов должна быть не менее 0,6 м от поверхности земли до верхней части трубы или теплоизоляции в тех местах, где не предусмотрено движение транспорта, а на остальных участках глубину заложения принимают исходя из условий сохранения прочности трубопровода с учетом всех действующих нагрузок.

Трубопроводы, транспортирующие застывающие, увлажненные и конденсирующиеся вещества, должны располагаться на 0,1 м ниже глубины промерзания грунта, с уклоном к конденсатосборникам, другим емкостям или аппаратам.

По возможности следует избегать пересечения и сближения до расстояния менее 11 м трубопроводов с рельсовыми путями электрифицированных железных дорог и другими источниками блуждающих токов. В обоснованных случаях допускается уменьшение указанного расстояния при условии применения соответствующей защиты от блуждающих токов, с обоснованием в проекте.

В местах пересечения подземных трубопроводов с путями электрифицированных железных дорог применяют диэлектрические прокладки.

Над эстакадами внутрицеховых трубопроводов в местах отсутствия фланцевых и других соединений разрешается установка воздушных холодильников.

8.2 Компенсация

Все трубопроводы подвержены температурным колебаниям в зависимости от времени года, температуры транспортируемой среды и состояния изоляции.

Если трубопровод жестко закреплен в опорах, в нем возникают напряжения. В результате возникающих тепловых напряжений иногда происходит разрыв (при охлаждении) или выпучивание (при нагреве) труб и отрыв фланцев. Поэтому на трубопроводах, подверженных заметным температурным колебаниям (при передаче по ним пара, горючих жидкостей), предусматриваются специальные компенсирующие элементы. Они необходимы и на трубопроводах, материал которых имеет большой

коэффициент линейного расширения и незначительную прочность (например, винипластовых).

На трубопроводах для сжатого воздуха, холодной воды и других холодных жидкостей и газов, как правило, компенсаторы не требуются.

Компенсация тепловых удлинений трубопроводов достигается устройством трубопроводов с *самокомпенсацией* или *установкой компенсаторов* различных типов.

Самокомпенсация. Для снижения напряжений в трубопроводе при тепловом изменении его длины используют метод самокомпенсации. При этом трубопровод проектируют так, чтобы обеспечить свободное перемещение его элементов за счёт изгибов и поворотов трассы.

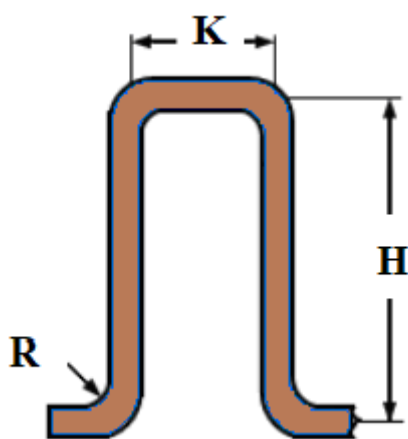
Недостатком трубопровода с самокомпенсацией является неизбежность некоторого перемещения участков трубопровода между опорами. Это усложняет конструкцию опор и затрудняет прокладку трубопровода в затесненных местах. Кроме того, материал отводов испытывает усталостные напряжения и теряет прочностные свойства. Преимущества данного метода заключаются в отсутствии специальных компенсирующих устройств, а следовательно, в уменьшении начальных затрат и в упрощении обслуживания. Самокомпенсация не применяется, если материал труб хрупок и плохо работает на изгиб (например, чугун, керамику, фарфор, терморезистивные пластмассы).

Компенсаторы. Компенсаторы – устройства, позволяющие воспринимать и компенсировать перемещения, температурные деформации, вибрации, смещения. Наиболее распространены компенсаторы согнутые из труб. Такие компенсаторы выполняют чаще П-образными (рисунок 4). Главными геометрическими размерами компенсатора являются вылет H , длина спинки K и радиус кривизны колен R .

Компенсатор устанавливают на горизонтальном участке трубопровода между двумя «мертвыми» точками в горизонтальной плоскости. Гнутые компенсаторы изготавливают только из упругих материалов (сталь, алюминий, медь, титан, винипласт). Для трубопроводов больших диаметров такие компенсаторы выполняются с гофрами (складками).

Для трубопроводов из неупругих и хрупких материалов, служащих для транспортирования химически активных сред (стеклянных, керамических, фарфоровых и т. п.) применяют сальниковые компенсаторы (рисунок 4). Такой компенсатор допускает перемещение только одной (левой) ветви трубопровода, поэтому его называют односторонним. Это дополнительное оборудование позволяет компенсировать расширение трубопроводов больших диаметров, особенно это касается трубопроводов большой длины. Компенсатор сальниковый представляет собой достаточно простую конструкцию, которая включает в себя несколько труб различного диаметра.

Для того, чтобы обеспечить герметичность устройства используется сальниковая набивка высокого качества.



а



б

Рисунок 4– Виды компенсаторов.
а – П-образный компенсатор, б – сальниковый.

Сальниковые уплотнения с мягкой набивкой широко применяются в качестве уплотнительных узлов. Под термином «мягкая набивка» принимается условие, что твердость материала уплотняющего элемента (набивки) значительно меньше, чем твердость замыкающих ее деталей узла соединения. В качестве набивки применяют или дискретные материалы (порошки, гранулы), или, в последнее время, набивки, выполненные из волокон определенных материалов. Устройство компенсаторов необходимо только при значительных линейных удлинениях трубопроводов.

Поскольку система должна быть рациональна, то обязательно рассчитываются параметры, подтверждающие необходимость компенсаторов. Расчет естественной компенсации и гибких компенсаторов заключается в определении максимальных напряжений, возникающих в опасных сечениях, в выборе длин участков трубопроводов, закрепленных в неподвижных опорах, и геометрических размеров компенсаторов, а также в нахождении величины смещений при компенсации температурных деформаций. Методика расчета основывается на законах теории упругости, связывающих деформации с напряжениями и геометрическими размерами труб, углов изгиба и компенсаторов. При этом напряжения в опасном сечении определяются с учетом суммарного действия усилий от температурных деформаций трубопроводов, внутреннего давления теплоносителя, весовой нагрузки и др. Суммарные напряжения не должны превышать допустимой величины. Сначала рассчитывается температурное удлинение трубопровода. Температурное удлинение участка трубопровода пропорционально его длине и разнице температур монтажа и максимальной рабочей температуры:

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T (t_{\text{макс. раб.}} - t_{\text{монтажа}}),$$

где: ΔL – температурное удлинение в мм;

L – длина трубопровода в м;

α – коэффициент температурного удлинения в мм/м·К;

ΔT – разность температур в К.

Температурное удлинение участка может привести к деформации системы и провисанию трубопровода. Данные деформации, прежде всего, нарушают внешний вид системы. Но на значительной длине могут разрушить, прежде всего, крепежные устройства или привести к поломке запорно-регулирующей арматуры или фасонной части. Человеческий глаз способен воспринимать прогиб трубопровода (ΔH), начиная от 5 мм.

Следующий шаг – расчет величины прогиба (провисания) трубопровода (рисунок 5).



Рисунок 5 – Прогиб трубы в результате температурного удлинения.

Зная длину участка между хомутами (L) и его длину при максимальной рабочей температуре (L_1), прогиб трубопровода определяется с помощью зависимости:

$$\Delta H = \frac{\sqrt{3 \cdot (L_1^2 - L^2)}}{4},$$

Уменьшать температурные деформации, в частности, полимерных трубопроводов можно разными способами: установкой дополнительных хомутов крепления, устройством Г-образного компенсатора, устройством П-образного компенсатора, применением фиксирующего желоба как компенсатора, устройством дополнительных неподвижных опор, применением металлополимерных трубопроводов.

8.3 Трубопроводная арматура

Трубопроводной арматурой называются устройства, монтируемые на трубопроводах, емкостях, котлах, агрегатах и других установках.

Арматуру трубопроводов в зависимости от назначения подразделяют на *запорную, регуливающую, предохранительную, специальную*.

Запорная арматура перекрывает трубопроводы в целях прекращения движения среды и открывает их для пропуски продукта. По количеству применяемых единиц она составляет около 80 % всей арматуры. К запорной относят также *пробно-спускную*, или *контрольно-спускную арматуру*, предназначенную для проверки уровня жидкой среды в емкостях, отбора проб, выпуска воздуха из аппаратов, дренажа.

Запорная арматура подразделяется на приводную и автоматическую. У приводной арматуры проход открывается и закрывается под действием внешней силы: от руки, электродвигателем, гидро- или пневмоприводом. У автоматической арматуры проход открывается и закрывается под действием транспортируемой среды.

Конструкция и материал запорной арматуры зависят от диаметра прохода, давления, температуры и физико-химических свойств передаваемой среды.

По характеру работы затвора приводная запорная арматура подразделяется на три типа: крап, вентиль, задвижка. Каждый тип запорной приводной арматуры имеет свою область применения, определяемую давлением, температурой и свойствами среды.

Регулирующая арматура. Регулирующая арматура предназначена для регулирования расхода рабочей среды с целью поддержания в заданном диапазоне параметров технологического процесса (температуру, давление, состав материалов, участвующих в процессе). Регулирующую арматуру составляют регулирующие вентили и клапаны (обратные и редукционные), регуляторы давления, регуляторы уровня.

Обратные клапаны (подъемные и поворотные) пропускают среду только в одном направлении. Обратные клапаны подъемного типа устанавливают на линиях воды (часто после насосов) и пара, а также на материальных линиях. Чугунные гуммированные поворотные обратные клапаны устанавливают на трубопроводах, транспортирующих серную и соляную кислоты и другие химически активные вещества.

Редукционный клапан служит для снижения давления среды в трубопроводе и поддержания его за клапаном независимо от колебаний давления перед ним. Редукционные клапаны устанавливают чаще всего на вводе в цех трубопроводов пара и сжатого воздуха.

Автоматический регулятор давления прямого служит для поддержания заданного давления в трубопроводах для неагрессивных газов, воздуха, нефтепродуктов, пара при температуре до 300°C.

Предохранительная арматура. Предохранительная арматура служит для предохранения обслуживаемого объекта от чрезмерного повышения давления путем выпуска избыточного количества рабочей среды. К предохранительной арматуре относятся предохранительные клапаны и мембраны.

Предохранительные клапаны служат для предупреждения возникновения в трубопроводе или в аппарате давления, превышающего допустимое. При повышении давления клапаны сбрасывают часть среды в атмосферу (непосредственно или через поглотительное устройство). После снижения давления до нормы предохранительный клапан автоматически закрывается.

Такие клапаны устанавливают в котельных и компрессорных на трубопроводах, подающих рабочую среду в цехи, а также на цеховых трубопроводах после редукционных клапанов. Предохранительные клапаны

должны обязательно устанавливаться также на автоклавах. Предохранительные клапаны применяются на линиях не только газа и пара, но и жидкостей.

Предохранительные мембраны устанавливают иногда взамен предохранительных клапанов на сосудах или трубопроводах. Мембраны обеспечивают безусловную герметичность и надежность срабатывания. Они просты в изготовлении и дешевы. Их недостатком является одноразовость действия.

Специальная арматура или *фазоразделительная и массоразделительная арматура*, предназначенная для автоматического разделения рабочих сред в зависимости от их фазы и состояния. К ней относятся конденсатоотводчики, водоотделители, воздухоотводчики и маслоотделители, смотровые фонари, обратные клапаны, ловушки, дыхательные клапаны, огнепреградители.

Водоотделители. При движении пара по трубопроводу происходит его конденсация вследствие охлаждения при соприкосновении со стенками трубы. Тепловая изоляция уменьшает конденсацию, но полностью устранить ее не может. Присутствие конденсата в паропроводе означает потерю части тепла, содержащегося в паре, а также опасно вследствие возможности возникновения гидравлического удара при переносе капелек конденсата с большой скоростью через арматуру.

Для отделения капель сконденсировавшегося пара и удаления их из паропровода устанавливают водоотделители.

Конденсатоотводчики. Значительная часть пара, потребляемого на предприятиях химической промышленности, расходуется для нагрева различных веществ (в сушилках, теплообменниках, змеевиках, рубашках реакционных аппаратов и т. п.). Глухой пар не успевает отдать всю содержащуюся в нем теплоту и целиком не конденсируется. Часть теплоты, содержащейся в паре, остается не использованной. На пути пара устанавливают приспособление (конденсатоотводчик), отделяющее из выходящей смеси конденсат и выводящее из аппарата только этот конденсат. Конденсатоотводчики способствуют увеличению производительности установки в результате более рационального использования тепла, которое отдает пар.

Существует несколько типов конденсатоотводчиков, отличающихся по принципу действия: поплавковые, дросселирующие (подпорные шайбы), лабиринтные, термостатические, гидрозатворы и др. Наибольшее применение на предприятиях химической промышленности нашли конденсатоотводчики первых двух типов.

Смотровой фонарь. Фонари предназначены для осуществления визуального контроля прохождения рабочих сред по трубопроводу. Фонари изготавливаются с условным проходом от 20 до 300 мм для работы под давлением не более 1,6 МПа и под вакуумом с остаточным давлением не менее 0,04 МПа (300 мм рт. ст.).

Фонарь состоит из следующих основных частей:

- корпуса, через который проходит рабочая среда;
- стекла, через которое осуществляется визуальный контроль прохождения рабочих сред по трубопроводу;
- фланцев и крепежных элементов, предназначенных для подключения к трубопроводу.

В целях защиты обслуживающего персонала от возможного повреждения смотровых стекол рекомендуется обеспечить следующие меры безопасности:

- исключить гидравлические и термические удары;
- использовать наружные защитные решетки или защитные поворотные экраны;
- использовать оптические средства для дистанционного наблюдения за потоком жидкости;
- применять дистанционно управляемую запорную арматуру, предназначенную для автоматического отключения подачи среды при разрушении стекла.

Персонал, обслуживающий фонарь, должен пройти инструктаж по технике безопасности, быть ознакомлен с руководством по монтажу, наладке, эксплуатации и техническому обслуживанию и паспортом на фонарь, иметь индивидуальные средства защиты, соблюдать требования пожарной безопасности.

Дыхательный клапан. Дыхательные клапаны предназначены для впуска или выпуска атмосферного воздуха в резервуары. Под действием непрерывного изменения температуры окружающего воздуха изменяется объем жидкости и пара над этой жидкостью. Кроме того, при повышении температуры из жидкости может выделяться растворенный в ней газ, а при понижении – снова растворяться. Для того чтобы избежать образования избыточного давления или вакуума, необходимо в зависимости от создавшихся условий выпускать избыточное количество пара или впускать воздух из окружающей среды. Таким образом происходит «малое дыхание» резервуара. «Большое дыхание» возникает при больших изменениях объема жидкости, когда она закачивается в резервуар (пар при этом выходит в атмосферу) или, наоборот, откачивается из резервуара (теперь в резервуар поступает атмосферный воздух). На резервуарах устанавливаются дыхательные клапаны, впускающие или выпускающие воздух в зависимости от давления внутри резервуара.

Огнепреградители. Огнепреградитель сухого типа - устройство, устанавливаемое на пожароопасном технологическом аппарате или трубопроводе, свободно пропускающее поток газопаровоздушной смеси или жидкости через пламегасящий элемент и способствующее локализации пламени, т.е. задерживают пламя, гасят его (рисунок 6).

Огнепреградители состоят из корпуса, пламягасящего элемента и присоединительных штуцеров. В качестве пламягасящих элементов в сухих огнепреградителях используют насадки из гранулированных тел (шарики, кольца, гравий), волокон (асбестовое волокно, стеклянная вата), кассеты с

прямыми узкими каналами, сетчатые элементы, элементы из пористых металлокерамических и металловолоконистых материалов.

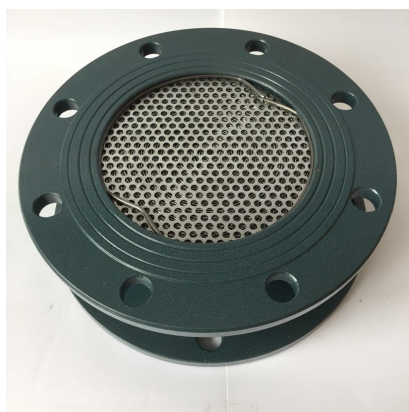


Рисунок 6 – Огнепреградители.

8.4 Тепловая изоляция и окраска трубопроводов

Тепловая изоляция. Покрытие трубопроводов тепловой изоляцией преследует одну из следующих целей:

- предотвратить конденсацию водяного пара;
- сократить потери тепла, предупредить застывание продукта при охлаждении (например, олеума, нитробензола, расплавленной серы и т. п.) и замерзание воды;
- устранить конденсацию водяных паров, содержащихся в воздухе, на холодных стенках трубопроводов, проходящих в теплом помещении (например, на водопроводных трубах);
- предотвратить ожоги персонала, а также уменьшить нагрев помещения горячими трубопроводами.

Теплоизоляционная конструкция должна обеспечивать параметры теплоносителя при эксплуатации, нормативный уровень тепловых потерь оборудованием и трубопроводами, безопасную для человека температуру их наружных поверхностей.

Конструкции тепловой изоляции трубопроводов и оборудования должны отвечать требованиям:

энергоэффективности – иметь оптимальное соотношение между стоимостью теплоизоляционной конструкции и стоимостью тепловых потерь через изоляцию в течение расчетного срока эксплуатации;

эксплуатационной надежности и долговечности – выдерживать без снижения теплозащитных свойств и разрушения эксплуатационные температурные, механические, химические и другие воздействия в течение расчетного срока эксплуатации;

безопасности для окружающей среды и обслуживающего персонала при эксплуатации и утилизации.

Материалы, используемые в теплоизоляционных конструкциях, не должны выделять в процессе эксплуатации вредные, пожароопасные и взрывоопасные, неприятно пахнущие вещества, а также болезнетворные бактерии, вирусы и грибки, в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации, установленные в санитарных нормах.

При выборе материалов и изделий, входящих в состав теплоизоляционных конструкций для поверхностей с положительными температурами теплоносителя (20 °С и выше), следует учитывать следующие факторы:

- месторасположение изолируемого объекта;
- температуру изолируемой поверхности;
- температуру окружающей среды;
- требования пожарной безопасности;
- агрессивность окружающей среды или веществ, содержащихся в изолируемых объектах;
- коррозионное воздействие;
- материал поверхности изолируемого объекта;
- допустимые нагрузки на изолируемую поверхность;
- наличие вибрации и ударных воздействий;
- требуемую долговечность теплоизоляционной конструкции;
- санитарно-гигиенические требования;
- температуру применения теплоизоляционного материала;
- теплопроводность теплоизоляционного материала;
- температурные деформации изолируемых поверхностей;
- конфигурация и размеры изолируемой поверхности;
- условия монтажа (стесненность, высотность, сезонность и др.);
- условия демонтажа и утилизации.

Теплоизоляционная конструкция трубопроводов тепловых сетей подземной бесканальной прокладки должна выдерживать без разрушения:

- воздействие грунтовых вод;
- нагрузки от массы вышележащего грунта и проходящего транспорта.

При выборе теплоизоляционных материалов и конструкций для поверхностей с температурой теплоносителя 19 °С и ниже и отрицательной температурой дополнительно следует учитывать относительную влажность

окружающего воздуха, а также влажность и паропроницаемость теплоизоляционного материала.

В состав конструкции тепловой изоляции для поверхностей с положительной температурой в качестве обязательных элементов должны входить:

- теплоизоляционный слой;
- покровный слой;
- элементы крепления.

В состав конструкции тепловой изоляции для поверхностей с отрицательной температурой в качестве обязательных элементов должны входить:

- теплоизоляционный слой;
- пароизоляционный слой;
- покровный слой;
- элементы крепления.

Пароизоляционный слой следует предусматривать также при температуре изолируемой поверхности ниже 12 °С. Устройство пароизоляционного слоя при температуре выше 12 °С следует предусматривать для оборудования и трубопроводов с температурой ниже температуры окружающей среды, если расчетная температура изолируемой поверхности ниже температуры «точки росы» при расчетном давлении и влажности окружающего воздуха.

Антикоррозионные покрытия изолируемой поверхности не входят в состав теплоизоляционных конструкций.

Независимо от назначения изоляция должна обладать следующими свойствами:

- малой теплопроводностью (в этом основное назначение изоляции);
- небольшой теплоемкостью; невысокой стоимостью;
- легкостью нанесения па трубы; малой массой и долговечностью.

Материал для изоляции в каждом отдельном случае выбирают таким, чтобы он наилучшим образом удовлетворял условиям работы определенного трубопровода.

Окраска трубопроводов. ГОСТ устанавливает опознавательную окраску трубопроводов, предупреждающие знаки и маркировочные щитки. Это позволяет отличить один трубопровод от другого, что необходимо при обслуживании трубопроводов и обеспечении безопасности труда.

Сформированы следующие десять укрупненных групп веществ, транспортируемых по трубопроводам (таблица 7):

- 1) вода;
- 2) пар;
- 3) воздух;
- 4) газы горючие (включая сжиженные газы);
- 5) газы негорючие (включая сжиженные газы);
- 6) кислоты;

- 7) щелочи;
- 8) жидкости горючие;
- 9) жидкости негорючие;
- 10) прочие вещества.

Таблица 7 – Опознавательная окраска и цифровое обозначение укрупненных групп трубопроводов

Транспортируемое вещество		Образцы и наименование цветов опознавательной окраски
Цифровое обозначение группы	Наименование	
1	Вода	Зеленый 
2	Пар	Красный 
3	Воздух	Синий 
4	Газы горючие	Желтый 
5	Газы негорючие	
6	Кислоты	Оранжевый 
7	Щелочи	Фиолетовый 
8	Жидкости горючие	Коричневый 
9	Жидкости негорючие	
10	Прочие вещества	
		Серый 

Противопожарные трубопроводы, независимо от их содержимого (вода, пена, пар для тушения пожара, инертный газ и др.) окрашиваются в красный цвет (сигнальный).

Окраску трубопроводов участками рекомендуется выполнять в цехах с большим числом и большой протяженностью коммуникаций, а также в тех случаях, когда по условиям работы из-за повышенных требований к цветопередаче и характеру архитектурного решения интерьера нежелательна концентрация ярких цветов.

Опознавательную окраску по всей поверхности трубопроводов рекомендуется применять при небольшой длине и относительно небольшом числе коммуникаций, если она не ухудшает условия работы в цехах.

На наружных установках опознавательную окраску по всей поверхности рекомендуется применять только в тех случаях, когда это не вызывает ухудшения условий эксплуатации вследствие воздействия на коммуникации солнечной радиации.

При нанесении опознавательной окраски участками на трубопроводы, находящиеся внутри производственных помещений, остальную поверхность коммуникаций рекомендуется окрашивать в цвет стен, перегородок, потолков и прочих элементов интерьеров, на фоне которых находятся трубопроводы. При этом не допускается окрашивать трубопроводы между участками опознавательной окраской, принятой для обозначения других укрупненных групп веществ.

При нанесении опознавательной окраски участками на трубопроводы, находящиеся вне зданий, остальную поверхность коммуникаций рекомендуется окрашивать в цвета, способствующие уменьшению теплового воздействия солнечной радиации на трубопроводы.

При прокладке коммуникаций в непроходных каналах и при бесканальной прокладке коммуникаций, участки опознавательной окраски на трубопроводах следует наносить в пределах камер и смотровых колодцев.

Ширина участков опознавательной окраски должна приниматься в зависимости от наружного диаметра трубопроводов (с учетом изоляции):

для труб диаметром до 300 мм - не менее четырех диаметров;




для труб диаметром свыше 300 мм - не менее двух диаметров.

При большем числе параллельно расположенных коммуникаций участки опознавательной окраски на всех трубопроводах рекомендуется принимать одинаковой ширины и наносить их с одинаковыми интервалами.

При больших диаметрах трубопроводов участки опознавательной окраски допускается наносить в виде полос высотой не менее 1/4 окружности трубопровода. Ширина полос должна соответствовать размерам, установленным для трубопроводов данного диаметра.

Для обозначения наиболее опасных по свойствам транспортируемых веществ на трубопроводы следует наносить предупреждающие цветные кольца (таблица 8).

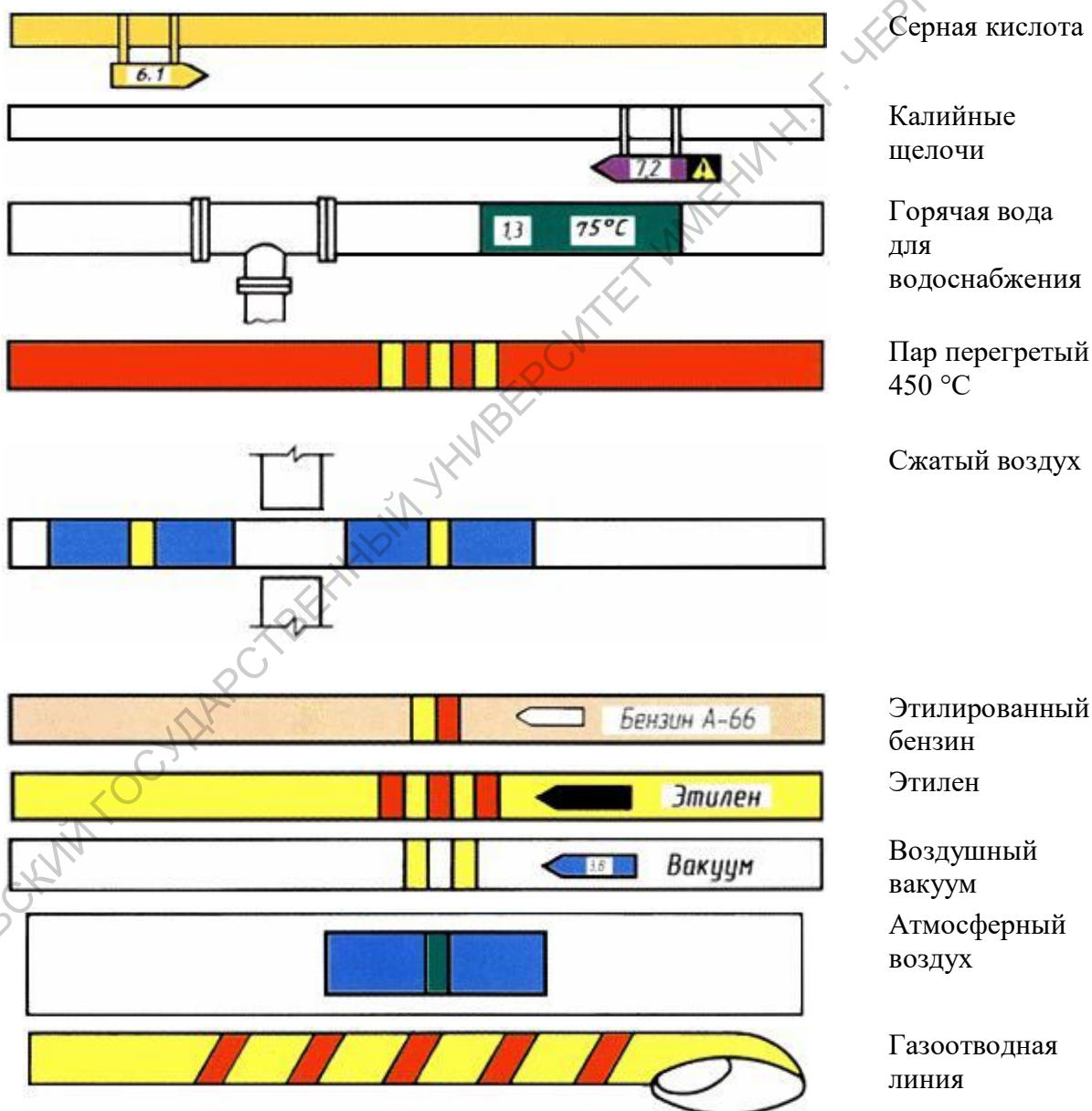
Таблица 8 – Цвета опознавательной окраски для предупреждающих колец

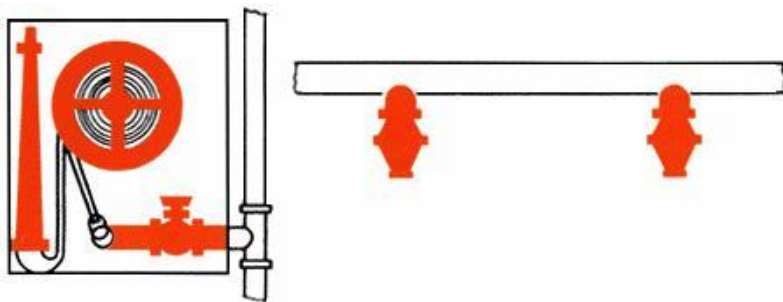
Образцы сигнальных цветов	Наименование сигнальных цветов	Свойства транспортируемого вещества
	Красный	Легковоспламеняемость, огнеопасность и взрывоопасность
	Желтый	Опасность или вредность (ядовитость, токсичность, способность вызывать удушье, термические или химические ожоги, радиоактивность, высокое давление или глубокий вакуум и др.)
	Зеленый	Безопасность или нейтральность

При нанесении колец желтого цвета по опознавательной окраске трубопроводов газов и кислот кольца должны иметь черные каемки шириной не менее 10 мм. При нанесении колец зеленого цвета по опознавательной

окраске трубопроводов воды кольца должны иметь белые каемки шириной не менее 10 мм. В случаях, когда вещество одновременно обладает несколькими опасными свойствами, обозначаемыми различными цветами, на трубопроводы одновременно следует наносить кольца нескольких цветов. На вакуумных трубопроводах, кроме отличительной окраски, необходимо давать надпись «вакуум».

По степени опасности для жизни и здоровья людей или эксплуатации предприятия вещества, транспортируемые по трубопроводам, должны подразделяться на три группы, обозначаемые соответствующим количеством предупреждающих колец (рисунок 7).





Вода для
пожаротушения

Рисунок 7 – Примеры выполнения опознавательной окраски трубопроводов.

Контрольные вопросы к разделу 5

1. Назовите основное назначение трубопроводов в химической промышленности.
2. Безопасная эксплуатация трубопровод.
3. Назовите особенности размещения трубопроводов.
4. Сформулируйте основные способы повышения безопасности трубопроводов: компенсация, трубопроводная арматура, тепловая изоляция и окраска трубопроводов.

Список использованных источников к разделу 5

1. **Межгосударственный стандарт** ГОСТ 32569-2013 «Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах (с Поправкой)» // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200111138> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

2. **Межгосударственный стандарт** ГОСТ 32569-2013 Межгосударственный стандарт «Трубопроводы технологические стальные требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах» // [Электронный ресурс]: – URL: <https://krantest.ru/uploads/files/ntd-20171023-142136.pdf> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

3. **Межгосударственный стандарт** ГОСТ 12.1.007-76 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2)» // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200233> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

4. **Свод правил** СП 46.13330.2012 «Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 3.06.04-91» // [Электронный ресурс]: – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293793/4293793640.pdf> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

5. **Национальный стандарт** ГОСТ Р 53323-2009 «Огнепреградители и искрогасители. Общие технические требования. Методы испытаний» //

[Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071870> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

6. **Свод правил** СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003» (с Изменением N 1) // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200091050> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

7. **Межгосударственный стандарт** ГОСТ 14202-69 «Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки» // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-14202-69> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

8. **Национальный стандарт** ГОСТ Р 53323-2009 «Огнепреградители и искрогасители. Общие технические требования. Методы испытаний» // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071870> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

9. **Свод правил** СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003» (с Изменением N 1) // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200091050> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

10. **Межгосударственный стандарт** ГОСТ 14202-69 «Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки» // [Электронный ресурс]: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-14202-69> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

11. **Руководство по эксплуатации** РЭ 111123.000 Руководство по эксплуатации «Фонари смотровые трубопроводные» // [Электронный ресурс]: – URL: <https://minprom.ru/wp-content/uploads/2013/12/Rukovodstvo-fonar.pdf> (дата обращения: 25.12.2019). – Загл. с экрана. – Яз.рус.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Макаров, Г.В. Охрана труда в химической промышленности / Г. В. Макаров, А. Я. Васин, Л. К. Маринина, П.И. Софинский, В. А. Старобинский, Н.И. Торопов. – М., Химия, 1989. – 496 с.

Тимонин, А.С. Машины и аппараты химических производств: учебное пособие для вузов / А. С. Тимонин, Б. Г. Балдин, В. Я Борщев, Ю. И. Гусев и др. / Под общей редакцией А.С. Тимонина. – Калуга: Изд-во Н.Ф. Бочкаревой, 2008. – 872 с.

Климова, Е.В. Производственная безопасность: учеб. пособие: в 3 ч. – Ч. 1. Основы производственной безопасности / Е. В. Климова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. – 102 с.

Филиппов, В.В. Технологические трубопроводы и трубопроводная арматура Учебное пособие. – 66 с. [Электронный ресурс]. URL: http://filippov.samgtu.ru/sites/filippov.samgtu.ru/files/tekst_dlya_pdf.pdf (дата обращения: 11.12.2019). Загл. с экрана. Яз. рус.

Продан, В.Д. Сальниковые уплотнения с мягкой набивкой: учебное пособие / В. Д. Продан, Г. В. Божко. – Тамбов: Изд-во ФГБОУВО «ТГТУ», 2016. – 124 с.

Бесман, А.И. Технологические трубопроводы промышленных предприятий / А. И. Бесман, В. С. Позднышев, Р. И. Тавастшерна. – М.: Стройиздат, 1991. – 655 с.

Гуревич, Д.Ф. Справочник конструктора трубопроводной арматуры / Д. Ф. Гуревич, О. Н. Шпаков. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1987. – 518 с.

Челноков, А.А. Охрана труда: учебник / А. А. Челноков, И. Н. Жмыхов, В. Н. Цап. – Минск: Выш. шк., 2010. – 481 с.

Дворецкий, С.И. Основы проектирования химических производств: учебник /С. И. Дворецкий, Д. С. Дворецкий, Г. С. Кормильцин, А. А. Пахомов. – Москва: Издательский дом «Спектр», 2014. – 356 с.

Горбунов, А. Износ. Виды износа. [Электронный ресурс]. URL: vidy-iznosa-oborudovaniya-10.jpg (дата обращения: 13.02.2020). Загл. с экрана. Яз. рус.