

Автономная некоммерческая организация
дополнительного профессионального образования
«Учебно-консультационный центр «ИЖИЦА»

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

АНО ДПО «Учебно – консультационный
центр «ИЖИЦА»

Н.В. Пермякова
« 07 » августа 2021 г.

Приказ № _____ от « _____ » _____ 2021 г.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
«ОПЕРАТОР КОТЕЛЬНОЙ»**

Составитель: Н.В. Пермякова

Ижевск, 2021

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Настоящая программа предназначена для подготовки рабочих и повышения квалификации по направлению: «Оператор котельной» со 2-го по 5-й разряд. Учебная программа содержит квалификационную характеристику, учебный план и программы теоретического, производственного обучения, тесты и контрольные вопросы для проведения квалификационных экзаменов. Программа обучения и повышения квалификации «Оператор котельной» (далее - Программа) составлена в соответствии с Федеральным законом "Об образовании в Российской Федерации" от 29.12.2012 № 273-ФЗ, Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным программам профессионального обучения (утв. Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 01.07.2013 г. N 499).

Содержание настоящей Программы определено с учетом положений указанного выше Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по программам повышения квалификации и учитывает квалификационные требования к профессиональным знаниям и навыкам, необходимым для исполнения должностных обязанностей операторов котельной. В частности, учтены требования к профессиональным знаниям и навыкам, необходимым для исполнения должностных обязанностей, установленные следующими нормативными правовыми актами:

- Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11 апреля 2014 года № 237н, с изменениями от 12 декабря 2016 года «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист по эксплуатации котлов на газообразном, жидком топливе и электронагреве».

Профессиональное обучение по рабочим профессиям имеет целью ускоренное приобретение обучающимися умений, необходимых для выполнения определенной работы, группы работ. Профессиональное обучение направлено на освоение лицами различного возраста, имеющими образование не ниже уровня основного общего, профессиональных компетенций или умений, необходимых для выполнения определенных трудовых функций, в том числе работы с конкретным оборудованием, технологиями, аппаратно - программными и иными профессиональными средствами, и направлены на получение квалификации (разряда, класса, категории) по профессии. Профессиональное обучение не сопровождается повышением образовательного уровня обучающегося. Профессиональное обучение по рабочим профессиям осуществляется по программам профессиональной подготовки, программам профессиональной переподготовки, программам повышения квалификации. Программа профессиональной подготовки по рабочей профессии направлены на профессиональное обучение лиц, ранее не имевших рабочей профессии. Программа профессиональной переподготовки по рабочей профессии направлена на профессиональное обучение лиц, уже имеющих рабочую профессию (профессии), с целью получения новой с учетом потребностей производства. Программа повышения квалификации по рабочей профессии направлена на последовательное совершенствование профессиональных знаний, умений и навыков по имеющейся рабочей профессии без повышения образовательного уровня.

В процессе обучения особое внимание должно быть обращено на необходимость прочного усвоения и выполнения всех требований безопасности труда в соответствии с действующими нормативно - техническими документами. В этих целях преподаватель теоретического обучения, помимо изучения общих требований по безопасности труда, предусмотренных программами, должны значительное внимание уделять требованиям безопасности труда, которые необходимо соблюдать в каждом конкретном случае при

изучении каждой темы или переходе к новому виду работ в процессе производственного обучения.

К концу обучения каждый учащийся должен уметь выполнять работы, предусмотренные квалификационной характеристикой, в соответствии с техническими условиями и нормами, установленными на предприятии. Квалификационные экзамены проводятся в установленном порядке квалификационными комиссиями, создаваемыми в соответствии с действующими нормативными актами.

По окончании обучения учащийся получает Свидетельство, удостоверяющее их квалификацию с указанием разряда и Удостоверение о проверке знаний.

Срок обучения: 168 часов (в т.ч. 96 часов – теоретическое обучение, 72 часа – производственная практика).

2. БАЗОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ПРОГРАММЫ

2.1. Настоящая Программа отвечает следующим требованиям:

- отражает квалификационные требования к специалистам, осуществляющим работы в области управления качеством;
- не противоречит государственным образовательным стандартам высшего и среднего профессионального образования;
- ориентирована на современные образовательные технологии и средства обучения (обучение проводится с использованием дистанционных технологий);
- соответствует установленным правилам оформления программ.

2.2. В Программе обучения реализован механизм варьирования между теоретической подготовкой и практическим обучением решения задач.

2.3. Содержание Программы определяется учебно-тематическим планом и учебной программой.

3. КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Характеристика новой квалификации и связанных с ней видов профессиональной деятельности, трудовых функций и (или) уровней квалификации:

а) область профессиональной деятельности слушателя, прошедшего курс обучения и повышения квалификации «Оператор котельной» включает: осуществление эксплуатации котлов на газообразном, жидком топливе и электронагреве; проверка технического состояния котлоагрегатов, котельного и вспомогательного оборудования;

б) объектами профессиональной деятельности слушателя, прошедшего курс обучения и повышения квалификации «Оператор котельной» являются: котлы на газообразном, жидком топливе и электронагреве; состояние котлоагрегатов, котельного и вспомогательного оборудования; нормативная документация.

3.1. Требования к результатам освоения программы:

Профессиональные компетенции:

Индекс	Содержание
ПК-1	Способность участвовать в разработке технической документации и в практической реализации разработанных проектов и программ; соблюдение установленных требований, действующих норм, правил и стандартов
ПК-2	Способность выполнять работы по техническому обслуживанию водогрейных и паровых котлов.

ПК-3	Способность выполнять работы по техническому обслуживанию теплосетевых бойлерных установок или станций мягкого пара, расположенных в зоне обслуживания основных агрегатов.
ПК-4	Способность осуществлять наблюдение по контрольно-измерительным приборам за уровнем воды в котлах, давлением и температурой пара, воды и отходящих газов. Регулирование работы (нагрузки) котлов в соответствии с графиком потребления пара. Предупреждение и устранение неисправностей в работе оборудования.
ПК-5	Способность разрабатывать мероприятия по повышению качества работы котельной.

Общепрофессиональные компетенции:

Индекс	Содержание
ОПК-1	Способность критически оценивать личные достоинства и недостатки, конструктивно реагировать на критику в свой адрес
ОПК-2	Способность диагностировать и анализировать социально-экономические проблемы и процессы на предприятии (в организации)
ОПК-3	Приверженность этическим ценностям: уважение человеческого достоинства, честность, открытость, справедливость, порядочность, доброжелательность, терпимость

3.2 Вид профессиональной деятельности:

Наименование вида профессиональной деятельности: Эксплуатация котлов на газообразном, жидком топливе и электронагреве.

Основная цель вида профессиональной деятельности: Обеспечение бесперебойной работы котельной, работающей на газообразном, жидком топливе и электронагреве, для устойчивого снабжения потребителей (абонентов) тепловой энергией.

Вид профессиональной деятельности	Трудовая функция	Уровень квалификации
Обеспечение эксплуатации котлов на газообразном, жидком топливе и электронагреве	1. Проверка технического состояния котлоагрегатов, котельного и вспомогательного оборудования. 2. Контроль процесса выработки теплоносителя котлами на газообразном, жидком топливе и электронагреве. 3. Осуществление эксплуатации котлов на газообразном, жидком топливе и электронагреве. 4. Соблюдения требований охраны труда, промышленной и пожарной безопасности.	5

3.3 Характеристика новых видов профессиональной деятельности:

Проверка технического состояния котлоагрегатов, котельного и вспомогательного оборудования	<i>Знать:</i> Нормативно-правовые акты, а также инструкции и методические рекомендации, регламентирующие деятельность в сфере обслуживания и эксплуатации котельных и оборудования котельных. Устройство и принцип работы центробежных и поршневых насосов и электродвигателей. Основы гидравлики. Основы гидрогазодинамики. Основы теплотехники. Основы электротехники. Основы механики. Правила внутреннего трудового распорядка. <i>Уметь:</i> Выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество. Проводить визуальные наблюдения, инструментальные обследования и испытания. Диагностировать техническое состояние котлового оборудования, вспомогательного оборудования, механизмов, приспособлений и инструмента. Составлять проекты планов текущего и капитального ремонта котлоагрегатов, котельного и вспомогательного оборудования котельной, работающей на газообразном, жидком топливе и электронагреве. Составлять заявки на технологическое и вспомогательное оборудование, инструмент, материалы и инвентарь для выполнения плановых работ по эксплуатации котельной. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
Контроль процесса выработки теплоносителя котлами на газообразном, жидком топливе и электронагреве	<i>Знать:</i> Необходимые знания, соответствующие трудовой функции А/01.5 "Проверка технического состояния котлоагрегатов, котельного и вспомогательного оборудования". Порядок учета результатов работы оборудования. Устройство, назначение и условия применения контрольно-измерительных приборов и систем автоматики безопасности и регулирования. Свойства топлива и влияние качества топлива на процесс горения и теплопроизводительность котлоагрегатов. Электрические и технологические системы котельной. Схемы тепло-, паро-, газо-, топливо- и водопроводов, принципиальные схемы и принципы работы комплектов средств управления, защиты и сигнализации, устройство контрольно-измерительных приборов. <i>Уметь:</i> Выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество. Обрабатывать данные для составления отчетов о работе

	котельной. Контролировать работу котлов и инженерных систем котельной, определять неисправности в их работе, разрабатывать комплекс мер по их устранению. Обосновывать необходимость вывода котлоагрегатов, котельного и вспомогательного оборудования, контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА), трубопроводов и инженерных сетей, зданий и сооружений котельной в ремонт. Вести журналы учета работы технологического оборудования и инженерных систем котельной, фиксировать изменение их технического состояния. Изучать технологическую документацию для понимания особенностей производственных процессов работы котельной.
Осуществление эксплуатации котлов на газообразном, жидком топливе и электронагреве	<i>Знать:</i> Принцип работы обслуживаемых котлоагрегатов. Правила обращения с газом и оборудованием, находящимся под напряжением. Порядок учета результатов работы по техническому обслуживанию и ремонту котельного и вспомогательного оборудования. Правила настройки и регулирования контрольно-измерительных приборов. Квалификационные требования к персоналу, осуществляющему деятельность по эксплуатации котлов, работающих на газообразном, жидком топливе и электронагреве. Причины возникновения неисправностей в работе котлоагрегата и методы их предупреждения. Методы регулирования режима работы котельного и вспомогательного оборудования в зависимости от показаний приборов. <i>Уметь:</i> Выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество. Выполнять работы по техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту котлоагрегатов, котельного и вспомогательного оборудования, КИПиА, трубопроводов, инженерных сетей, зданий и сооружений, по подготовке котельной к осенне-зимним и весенне-летним условиям эксплуатации. Выполнять сложные и опасные работы по заранее разработанному плану, проекту организации работ или по наряду-допуску. Обеспечивать рациональное расходование материалов, топлива, электроэнергии, правильное использование производственных площадей, оборудования, инструмента и приспособлений. Обрабатывать данные для отчетов о выполненной работе,

	составлять материальные отчеты.
Соблюдения требований охраны труда, промышленной и пожарной безопасности	<i>Знать:</i> Законодательство Российской Федерации о труде, производственной санитарии и пожарной безопасности. Положения и инструкции по расследованию и учету несчастных случаев на производстве. Квалификационные требования к персоналу, осуществляющему деятельность по эксплуатации котлов, работающих на газообразном, жидком топливе и электронагреве. Передовой отечественный и зарубежный опыт в аналогичной деятельности. <i>Уметь:</i> Выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество. Организовывать рабочие места, их техническое оснащение. Контролировать состояние условий и безопасности труда на рабочих местах. Соблюдать требований трудового законодательства, правил, норм и инструкций по охране труда. Формулировать предложения по улучшению результатов деятельности по реализации трудовой функции.

Квалификационные разряды:

Оператор котельной 2 разряда. Обслуживание водогрейных и паровых котлов с суммарной теплопроизводительностью до 12,6 ГДж/ч (до 3 Гкал/ч) или обслуживание в котельной отдельных водогрейных или паровых котлов с теплопроизводительностью котла до 21 ГДж/ч (до 5 Гкал/ч), работающих на жидком и газообразном топливе или электронагреве. Растопка, пуск и остановка котлов и питание их водой. Регулирование горения топлива. Наблюдение по контрольно-измерительным приборам за уровнем воды в котле, давлением пара и температурой воды, подаваемой в отопительную систему. Обслуживание теплосетевых бойлерных установок или станций мягкого пара, расположенных в зоне обслуживания основных агрегатов с суммарной тепловой нагрузкой до 42 ГДж/ч (до 10 Гкал/ч). Очистка мягкого пара и деаэрация воды. Пуск и остановка насосов, двигателей, вентиляторов и других вспомогательных механизмов. Чистка арматуры и приборов котла. Участие в ремонте обслуживаемого оборудования.

Оператор котельной 3 разряда. Обслуживание водогрейных и паровых котлов с суммарной теплопроизводительностью свыше 12,6 до 42 ГДж/ч (свыше 3 до 10 Гкал/ч) или обслуживание в котельной отдельных водогрейных или паровых котлов с теплопроизводительностью котла свыше 21 до 84 ГДж/ч (свыше 5 до 20 Гкал/ч), работающих на жидком и газообразном топливе или электронагреве. Обслуживание теплосетевых бойлерных установок или станций мягкого пара, расположенных в зоне обслуживания основных агрегатов, с суммарной тепловой нагрузкой свыше 42 до 84 ГДж/ч (свыше 10 до 20 Гкал/ч). Пуск, остановка, регулирование и наблюдение за работой экономайзеров, воздухоподогревателей, пароперегревателей и питательных насосов. Обеспечение бесперебойной работы оборудования котельной. Пуск, остановка и переключение обслуживаемых агрегатов в схемах тепловых сетей. Учет теплоты, отпускаемой потребителям.

Оператор котельной 4 разряда. Обслуживание водогрейных и паровых котлов с суммарной теплопроизводительностью свыше 42 до 84 ГДж/ч (свыше 10 до 20 Гкал/ч) или обслуживание в котельной отдельных водогрейных или паровых котлов с теплопроизводительностью котла свыше 84 до 273 ГДж/ч (свыше 20 до 65 Гкал/ч), работающих на жидком и пылеобразном топливе или электронагреве. Обслуживание теплосетевых бойлерных установок или станций мягкого пара, расположенных в зоне обслуживания основных агрегатов, с суммарной тепловой нагрузкой свыше 84 ГДж/ч (свыше 20 Гкал/ч). Наблюдение по контрольно-измерительным приборам за уровнем воды в котлах, давлением и температурой пара, воды и отходящих газов. Регулирование работы (нагрузки) котлов в соответствии с графиком потребления пара. Предупреждение и устранение неисправностей в работе оборудования.

Оператор котельной 5 разряда. Обслуживание водогрейных и паровых котлов с суммарной теплопроизводительностью свыше 84 до 273 ГДж/ч (свыше 20 до 65 Гкал/ч) или обслуживание в котельной отдельных водогрейных или паровых котлов с теплопроизводительностью котла свыше 273 до 546 ГДж/ч (свыше 65 до 130 Гкал/ч), работающих на жидком и газообразном топливе или электронагреве. Переключение питательных линий, включение и выключение пара из магистралей. Включение и выключение автоматической аппаратуры питания котлов. Профилактический осмотр котлов, их вспомогательных механизмов, контрольно-измерительных приборов и участие в планово-предупредительном ремонте котлоагрегатов. Приемка котлов и их вспомогательных механизмов из ремонта и подготовка их к работе.

Оператор котельной 6 разряда. Обслуживание водогрейных и паровых котлов различных систем с суммарной теплопроизводительностью свыше 273 ГДж/ч (свыше 65 Гкал/ч) или обслуживание в котельной отдельных водогрейных или паровых котлов с теплопроизводительностью котла свыше 546 ГДж/ч (свыше 130 Гкал/ч), работающих на жидком и газообразном топливе или электронагреве.

3.4 Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимые для освоения программы

Оператор котельной 2-го, 3-го разрядов

Среднее профессиональное образование - программы подготовки специалистов среднего звена;

Оператор котельной 4-го, 5-го и 6-го разрядов

Среднее профессиональное образование (непрофильное) - программы подготовки специалистов среднего звена и дополнительное профессиональное образование в сфере управления качеством (менеджмента качества).

4. ТРУДОЕМКОСТЬ И ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Нормативная трудоемкость обучения по данной Программе составляет 168 часов, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя и практическое обучение.

Программа предполагает форму обучения с отрывом, без отрыва, с частичным отрывом от работы, с использованием дистанционных образовательных технологий.

Формы обучения:

С частичным отрывом от производства (очно-заочная) - на базе АНО «УКЦ «ИЖИЦА» и самостоятельного изучения материала, выполнением практических заданий по пройденным темам.

Проверка знаний осуществляется по окончании обучения и проводится квалификационной комиссией, назначенной приказом директора АНО «УКЦ «ИЖИЦА», состоящей не менее чем из трех человек. Обучение слушателей завершается защитой дипломного проекта.

Дистанционная форма обучения: проводится без отрыва от работы (частичным отрывом от работы) по месту нахождения слушателя через сеть Интернет с помощью системы дистанционного обучения (СДО)uchi.pro.

Обучение проходит в соответствии с учебно-тематическим планом с изучением учебных материалов и сдачей промежуточных (тесты) и итогового квалификационного экзамена в виде дипломной работы.

Для обучения по *дистанционной форме с частичным отрывом от работы* (выполнения должностных обязанностей) слушателям определяется период обучения 82 учебных дня с ежедневным выделением 4-5 часов свободного от работы времени для прохождения обучения с возможностью доступа к сети Интернет.

Результаты проверки знаний оформляются протоколом. На основании протокола выдается Свидетельство государственного образца о присвоении квалификационного разряда по профессии Контролер качества продукции и технологического процесса. Срок освоения программы: 2 месяца.

Режим занятий: при любой форме обучения учебная нагрузка устанавливается не более 8 академических часов в день.

5. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

5.1. Учебный план

№	Дисциплина	Объем нагрузки			Форма итогового контроля
		Всего	Лекции	Тест/опрос	
1	Основы гидравлики и теплотехники	18	15	1	Тест/оценка
2	Основы электротехники	8	7	1	
3	Основы механики	8	7	1	
4	Вода и топливо для котельных установок	18	11	1	Тест/оценка
5	Котельные установки и вспомогательное оборудование	18	17	1	
6	Эксплуатация и ремонт котельных установок	18	17	1	
7	Организация эффективного использования теплоэнергетических ресурсов	12	11	1	
8	Аварии в котельных, пути их предупреждения	12	11	1	

	и локализации				
9	Охрана труда, техника безопасности, производственная санитария и противопожарные мероприятия	12	9	1	
10	Производственное обучение	72			
	Квалификационный экзамен	6			
	ИТОГО:	202			

5.2. Дисциплинарное содержание программы

№	Дисциплина	Объем аудиторной нагрузки	Форма итогового контроля
		Всего	
1.	Основы гидравлики и теплотехники	18	Тест/оценка
1.1	Гидродинамика и гидродинамические процессы	4	
1.2	Тепловые процессы и аппараты	6	
1.3	Массообменные процессы и аппараты	4	
1.4	Мембранные процессы. Мембранные процессы в котельных установках	4	
2.	Основы электротехники	8	Тест/оценка
2.1	Электричество	2	
2.2	Создание гальванического элемента	2	
2.3	Виды и характеристики тока	2	
2.4	Типы проводников	1	
2.5	Меры безопасности	1	
3.	Основы механики	8	Тест/оценка
3.1	Основы кинематики	2	
3.2	Основы статики	3	
3.3	Основы динамики	3	
4.	Вода и топливо для котельных установок	18	Тест/оценка
4.1	Топливо и его сжигание	6	
4.2	Жидкое и газообразное топливо. Подготовка топлива к сжиганию	6	
4.3	Водоподготовка и водно-химический режим	6	
5.	Котельные установки и вспомогательное оборудование	18	Тест/оценка
5.1	Котельные установки	9	

5.2	Устройство вспомогательного оборудования	9	
6.	Эксплуатация и ремонт котельных установок	18	Тест/оценка
6.1	Эксплуатация котлов	5	
6.2	Эксплуатация вспомогательного оборудования котельной	5	
6.3	Контрольно-измерительные приборы котельных	4	
6.4	Комплексная котельная автоматика	4	
7.	Организация эффективного использования теплоэнергетических ресурсов	12	
7.1	Структура и принципы эффективного использования теплоэнергетических ресурсов	4	
7.2	Планирование энергосберегающих мероприятий	4	
7.3	Подпрограмма «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в электроэнергетике»	4	
8.	Аварии в котельных, пути их предупреждения и локализации	12	
8.1	Перечень возможных аварий в здании котельной	4	
8.2	Характер аварии	4	
8.3	План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий	4	
9.	Производственная безопасность и здоровье	12	
9.1	Расследование и учет несчастных случаев и профессиональных заболеваний	3	
9.2	Факторы, влияющие на условия труда	2	
9.3	Взаимодействие человека с опасными и вредными производственными факторами	2	
9.4	Пожарная безопасность	3	
	Квалификационный экзамен	6	
	ИТОГО:	130	

РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ КУРСОВ

1. Основы гидравлики и теплотехники

Тема 1. Гидродинамика и гидродинамические процессы.

Физические свойства жидкостей и газов.

В гидромеханике принято объединять жидкости, газы и пары под одним названием - жидкости. Это связано с тем, что законы движения жидкостей и газов (паров) одинаковы, если их скорости значительно ниже скорости звука. *Жидкостями* называются все вещества, обладающие текучестью при приложении к ним самых незначительных сил сдвига.

При выводе основных закономерностей в гидромеханике также вводится понятие идеальной жидкости, которая, в отличие от реальной (вязкой) жидкости, абсолютно несжимаема под действием давления, не изменяет плотности при изменении температуры и не обладает вязкостью.

Масса жидкости, содержащаяся в единице объема V , представляет собой *плотность* тела

$$\rho = m/V.$$

Величина, обратная плотности и представляющая собой объем, занимаемый единицей массы, называется *удельным объемом*:

$$v = V/m = 1/\rho.$$

Вес единицы объема жидкости называется *удельным весом*:

$$\gamma = G/V.$$

Удельный вес жидкости и её плотность связаны соотношением

$$\gamma = \rho \cdot g.$$

Плотность, удельный объем и удельный вес относятся к важнейшим характеристикам жидкостей.

Реальные жидкости делятся на капельные и упругие. *Капельные* жидкости несжимаемы и обладают малым коэффициентом объемного расширения. Объем *упругих* жидкостей изменяется при изменении температуры и давления (газы, пары). В большинстве технических задач газы полагают идеальными. Состояние идеального газа описывается уравнением Клапейрона-Менделеева

$$pV = m/M \cdot RT,$$

где R - универсальная газовая постоянная, равная 8314 Дж/(кмоль·К).

Это уравнение можно записать для расчета плотности газа

$$\rho = m/V = (pM)/(RT).$$

В ряде задач необходимо учитывать также состояние жидкостей. Для изэнтропийных процессов в жидкости можно применять уравнение Тета

$$(p + p^*) \cdot v^n = \text{const},$$

где p - давление молекулярного взаимодействия; n - коэффициент, зависящий от свойств жидкостей. Для воды $p \ll 3,2 \cdot 10^8$ Па, $n \approx 7,15$.

В зависимости от температуры и давления вещество может находиться в трех агрегатных состояниях: твердом, жидком и газообразном. В твердых телах молекулы взаимосвязаны между собой, расположены в определенном порядке и совершают только тепловое колебательное движение. Вероятность покинуть занимаемое молекулой (атомом) место мала. Поэтому твердые тела сохраняют заданную форму и объем.

В жидкостях тепловое движение молекул существенно выше, часть молекул получает достаточную энергию возбуждения и покидает свои места. Поэтому в жидкости молекулы перемещаются по всему объему, но их кинетическая энергия остается недостаточной для выхода за пределы жидкости. В этой связи жидкости сохраняют свой объем.

В газах тепловое движение еще больше, молекулы удалены настолько, что взаимодействие между ними становится недостаточным для удержания на определенном удалении, т.е. газ имеет возможность беспрестанно расширяться.

Свободное перемешивание молекул в жидкостях и газах приводит к тому, что они изменяют свою форму при приложении сколь угодно малого силового действия. Это явление называют *текучестью*. Жидкости и газы принимают форму того сосуда, в котором они содержатся.

В результате хаотического движения молекулы в газе претерпевают столкновения. Процесс столкновения молекул характеризуется эффективным диаметром молекул, под которым понимается минимальное расстояние между центрами молекул при их сближении. Расстояние, которое молекула проходит между столкновениями, называется свободным пробегом молекулы.

В результате переноса количества движения при переходе молекул, движущихся в слоях с разными скоростями, возникает касательная сила, действующая между этими слоями. Свойство жидкости и газа сопротивляться сдвигающим усилиям называют *вязкостью*.

Расположим в жидкой среде пластину 1 на некотором расстоянии от стенки (рис. 1).

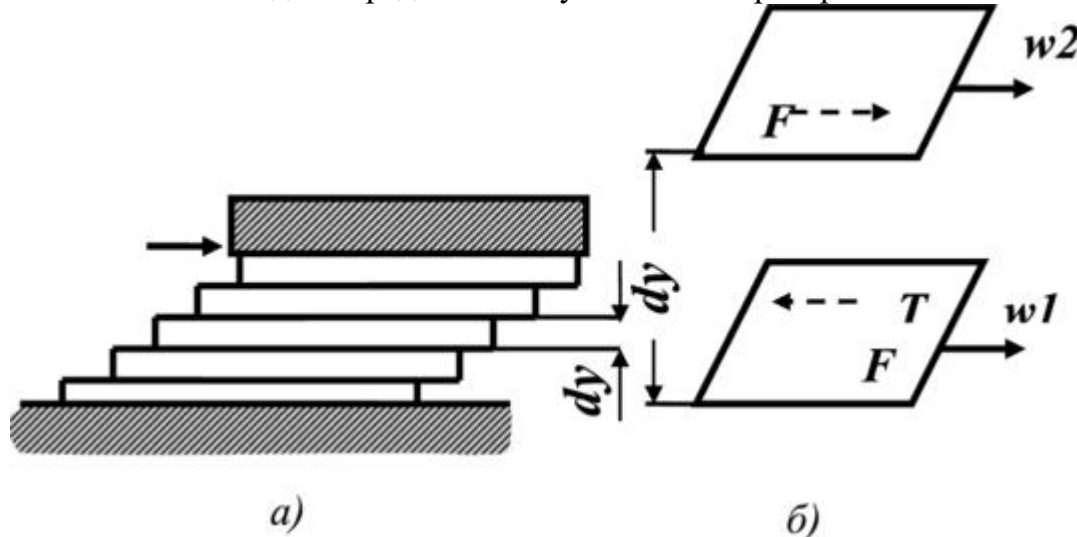


Рис. 1. К характеристике вязкости

Пусть пластина движется относительно стенки 2 со скоростью w . Так как жидкость будет увлекаться пластиной, то в зазоре установится послойное течение жидкости со скоростями, изменяющимися от 0 до w . Выделим в жидкости слой толщиной dy . Очевидно, что скорости нижней и верхней поверхностей слоя будут отличаться по толщине на dw . В результате теплового движения молекулы непрерывно переходят из нижнего слоя в верхний и обратно. Так как их скорости различны, то их количества движения тоже различны. Но, переходя из слоя в слой, они должны принимать количество движения, характерное данному слою, т.е. будет иметь место непрерывное изменение количества движения, от чего появится касательная сила между слоями.

Обозначим через dT касательную силу, действующую на поверхность слоя площадью dF , тогда

$$dT = \mu \cdot dF \cdot dw/dy = \mu \cdot dF \cdot \text{grad} w.$$

Опыт показывает, что касательная сила T , которую надо приложить для сдвига, тем больше, чем больше градиент скорости dw/dy , характеризующий изменение скорости, приходящейся на единицу расстояния по нормали между слоями. Кроме того, сила T пропорциональна площади соприкосновения F слоев, т.е.

$$\tau = -\mu \frac{dw}{dy}.$$

В такой форме уравнение выражает закон внутреннего трения Ньютона, согласно которому напряжение внутреннего трения, возникающее между слоями жидкости при ее течении, прямо пропорционально градиенту скорости.

Знак минус в правой части уравнения указывает на то, что касательное напряжение тормозит слой, движущийся с относительно большой скоростью.

Коэффициент пропорциональности μ в приведенных уравнениях называется динамическим коэффициентом вязкости.

Размерность динамического коэффициента вязкости в СИ может быть выражена

как
$$\mu = \frac{dT \cdot dy}{dF \cdot dw} = \left[\frac{H \cdot m}{m^2 \cdot m/c} \right] = [Pa \cdot c]$$

Вязкость жидкостей также можно характеризовать кинематическим коэффициентом вязкости

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}.$$

Вязкость капельных жидкостей снижается с возрастанием температуры, газов - растет. При умеренном давлении вязкость газов от давления не зависит, однако, начиная с некоторого давления, вязкость возрастает при его увеличении.

Причины разных зависимостей от температуры для газов и жидкостей в том, что вязкость газов имеет молекулярно-кинетическую природу, а капельных жидкостей зависит от сил сцепления между молекулами.

В ряде процессов химической технологии капельная жидкость при движении соприкасается с газом (или паром) или с другой капельной жидкостью, практически не смешивающейся с первой.

Поверхностное натяжение проявляется в том, что выделенный объем жидкости стремится принять сферическую форму, особенно это заметно на малых объемах - каплях. Действие силы поверхностного натяжения приводит к увеличению давления внутри капли, направленного внутрь жидкости по нормали к ее поверхности.

Поверхностное натяжение уменьшается с увеличением температуры. Смачивание оказывает существенное влияние на гидродинамические условия протекания процессов в абсорбционных и ректификационных аппаратах, конденсаторах и т.п.

Поверхностное натяжение значительно влияет на диспергирование одной жидкости в другой, с ней не смешивающейся, и поэтому существенно сказывается на гидродинамических условиях проведения процессов жидкостной экстракции.

Основные уравнения покоя и движения жидкостей.

Гидромеханические процессы, связанные с перемещением жидкостей, сжатием и перемещением газов, иногда называют *гидравлическими* по названию раздела гидромеханики - гидравлике, рассматривающей жидкости и газы как рабочие тела различных технических систем.

Гидравлика представляет собой науку, изучающую законы равновесия и механического движения жидкостей и разрабатывающую методы применения этих законов для различных прикладных задач.

Гидравликой рассматриваются вопросы покоя и движения жидкостей в двух разделах - гидростатике и гидродинамике. *Гидростатика* рассматривает законы равновесия в состоянии покоя, *гидродинамика* - законы движения жидкостей и газов.

Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера для покоящейся жидкости

В гидростатике равновесие жидкостей рассматривается в состоянии относительного покоя, при котором в движущейся жидкости ее частицы не перемещаются друг относительно друга. Силы внутреннего трения отсутствуют, поэтому жидкость можно считать идеальной.

В состоянии покоя форма объема жидкости не изменяется и подобно твердому телу перемещается как единое целое.

Независимо от вида покоя на жидкость действуют силы тяжести и давления. В случае относительного покоя необходимо учитывать силу инерции переносного движения жидкости. Соотношение между силами, действующими на жидкость, находящуюся в состоянии покоя, который и определяет условия равновесия этой жидкости, выражается дифференциальными уравнениями равновесия Эйлера.

Практическое приложение уравнений гидростатики.

Принцип сообщающихся сосудов. Пусть два открытых сообщающихся сосуда заполнены жидкостью плотностью ρ (рис. 2.4). Рассмотрим произвольную плоскость сравнения $0-0$ и некоторую точку A внутри жидкости, лежащую в этой плоскости. Если считать точку A принадлежащей левому сосуду, то, согласно уравнению (2.2), давление в этой точке

$$p = p_{am} + \rho g z'_0.$$

Если считать точку A принадлежащей правому сосуду, то давление в ней

$$p = p_{am} + \rho g z''_0$$

При равновесии для каждой точки давление одинаково в любом направлении, иначе бы происходило перемещение жидкости. Следовательно,

$$p_{am} + \rho g z'_0 = p_{am} + \rho g z''_0$$

или
$$z'_0 = z''_0.$$

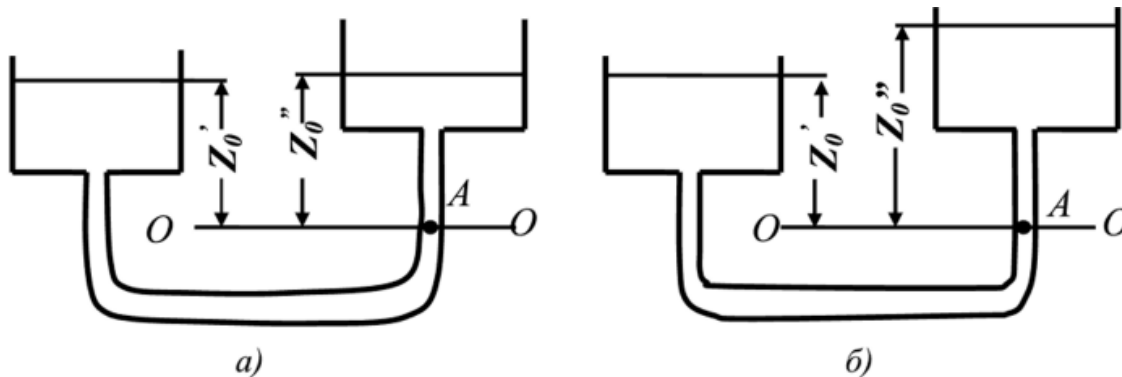


Рис. 2. Условия равновесия в сообщающихся сосудах: а - однородная жидкость; б - разнородные (несмешивающиеся) жидкости

Аналогичный вывод можно сделать, если рассмотреть сообщающиеся сосуды, в которых давление над свободной поверхностью жидкости одинаково.

Таким образом, в открытых или закрытых сообщающихся сосудах, находящихся под одинаковым давлением и заполненных однородной жидкостью, уровни последней располагаются на одной высоте независимо от формы и поперечного сечения сосудов.

Если сосуды заполнены одной жидкостью плотностью ρ , но давления над уровнем жидкости в них неодинаковы и равны p' и p'' , то

$$p' + \rho g z'_0 = p'' + \rho g z''_0,$$

откуда
$$z''_0 - z'_0 = (p' - p'') / \rho g. \quad (2.3)$$

Уравнение (2.3) применяется при измерении давлений или разностей давлений с помощью дифференциальных π -образных манометров.

Пневматическое измерение количества жидкости в подземных резервуарах. Для контроля за количеством жидкости в подземном резервуаре устанавливают трубу, нижний конец которой доходит почти до дна. Давление над жидкостью в резервуаре равно p_0 .

По трубе подают сжатый воздух или другой газ, постепенно повышая его давление, измеряемое манометром. Когда воздух преодолит сопротивление столба жидкости в резервуаре и начнет барботировать через слой жидкости, давление, измеряемое манометром, перестанет возрастать и станет равным:

$$p = p_0 + \rho g z_0.$$

Отсюда уровень жидкости в резервуаре

$$z_0 = (p - p_0) / \rho g.$$

По величине и известной площади поперечного сечения резервуара определяют объем находящейся в нем жидкости.

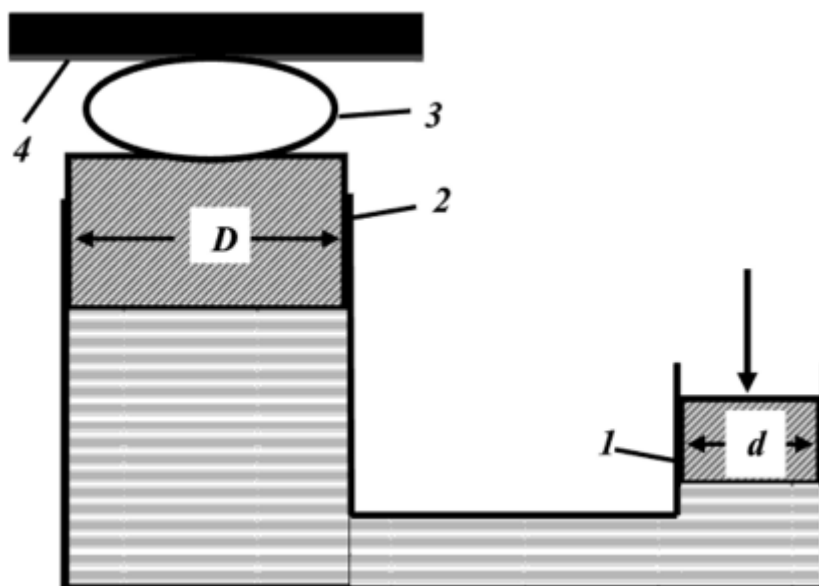


Рис. 3. Схема гидравлического пресса:

1,2- цилиндры пресса; 3 - изделие; 4 - неподвижная плита

Гидростатические машины. На использовании основного уравнения гидростатики основана работа гидравлических прессов, домкратов, гидроцилиндров и др. Если в гидропрессе (рис. 2.5) приложить небольшое усилие к поршню 1, перемещаемому в цилиндре меньшего диаметра d , и создать давление p на поршень, то, согласно закону Паскаля, такое же давление p будет приходиться на поршень 2 в цилиндре с большим диаметром D , при этом сила давления на поршень 1 составит

$$P_1 = p\pi d^2 / 4 ,$$

а сила давления на поршень 2 составит

$$P_2 = p\pi D^2 / 4 .$$

В результате поршень в цилиндре большего диаметра передает силу давления во столько раз большую, чем сила, приложенная к поршню в цилиндре меньшего диаметра, насколько поперечное сечение цилиндра 2 больше, чем цилиндра 1.

Давление жидкости на дно и стенки сосуда. Если жидкость помещена в сосуд любой формы, то гидростатическое давление во всех точках горизонтального дна сосуда одинаково, а давление на боковые стенки возрастает с увеличением глубины погружения.

Гидростатическое давление на дно сосуда в соответствии с уравнением гидростатики

$$p = p_0 + \rho gH ,$$

где H - высота жидкости в сосуде.

Сила давления на горизонтальное дно не зависит от формы сосуда и объема жидкости в нем и определяется лишь только высотой столба жидкости и площадью дна сосуда:

$$P = pF = (p_0 + \rho gH)F .$$

Гидростатическое давление жидкости на вертикальную стенку изменяется по высоте. Сила давления на стенку рассчитывается по формуле

$$P = (p_0 + \rho gh_y)F ,$$

где F - расстояние от верхнего уровня жидкости до центра тяжести смоченной площади F стенки.

Перемещение жидкостей (насосы).

Классификация и области применения насосов.

Насосы - это машины, в которых производится преобразование механической энергии привода в гидравлическую энергию перекачиваемой жидкости, в результате чего происходит ее перемещение.

В химических и нефтехимических производствах насосы являются одним из основных видов оборудования, надежная работа которого обеспечивает непрерывность технологического процесса. Насосы используют для перекачивания жидкостей с разными физико-химическими свойствами (кислот, щелочей различных концентраций, органических продуктов, сжиженных газов и др. веществ) при различных температурах. Перекачиваемые жидкости характеризуются различной температурой кристаллизации, содержанием растворенных газов, взрывоопасностью, токсичностью, склонностью к полимеризации, налипанию и т.п.

От параметров перекачиваемой жидкости во многом зависит тип и надежность работы насоса. По принципу действия все насосы (рис.) делят на две большие группы - объемные, динамические, а также на эрлифты и монтежу, в которых для перемещения жидкости используется энергия сжатого воздуха.



Рис. Классификация насосов

Объемные насосы. Для транспортировки жидкостей при высоких давлениях применяют объемные насосы. На рис. 2.22 показаны схемы объемных насосов. К объемным насосам с возвратно-поступательным движением рабочего органа относятся поршневые, плунжерные, диафрагменные. С вращательным движением рабочего органа - ротационные, одно-, двух- и трехвинтовые, шестеренчатые.

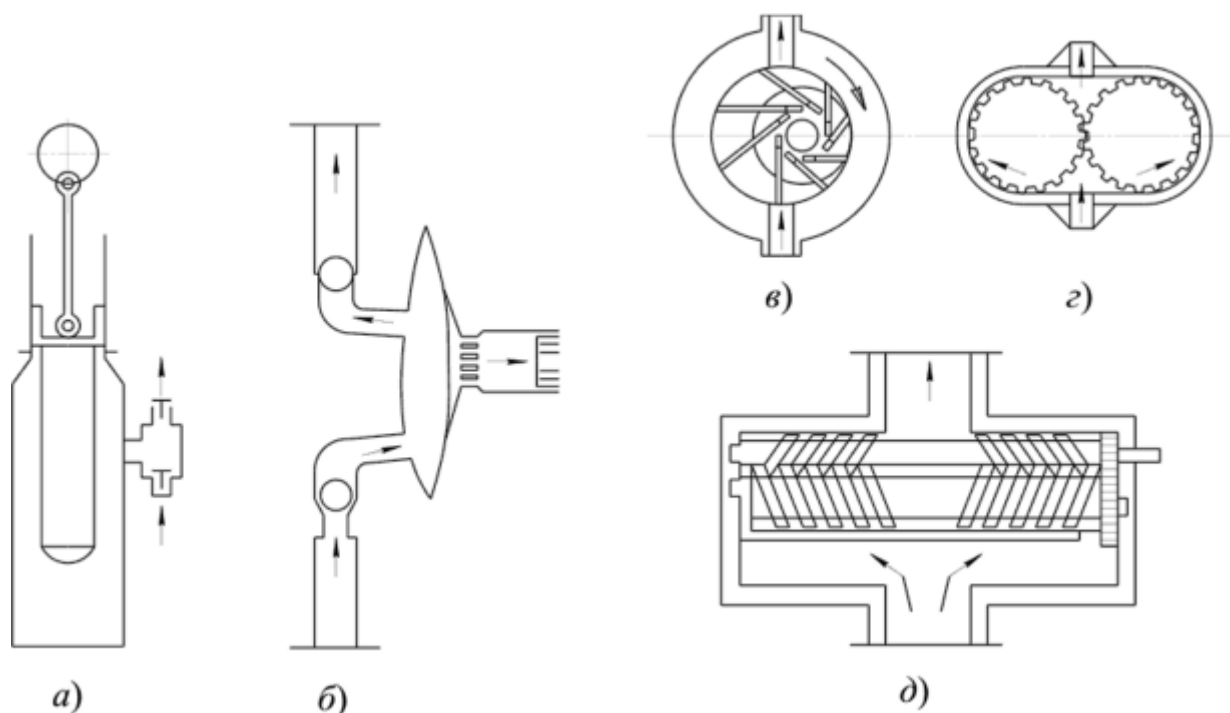


Рис. Схемы конструкций объемных насосов: а - плунжерный; б - диафрагменный; в - ротационный; г - шестеренчатый; д - винтовой

Принцип действия объемных насосов состоит в вытеснении некоторого количества жидкости из рабочего объема машины. Энергия жидкости в них повышается в результате увеличения давления. В объемных насосах подача (производительность) не зависит от напора. Подача пропорциональна скорости перемещения рабочего органа или числу циклов в единицу времени. Объемные насосы являются самовсасывающими в отличие от динамических насосов. Их используют для перекачивания высоковязких, криогенных жидкостей, жидкостей с большим содержанием газов, паст, смол и других плохо текучих продуктов.

Динамические насосы. В насосах этого типа энергия жидкости увеличивается благодаря взаимодействию лопаток рабочего колеса и перемещающегося потока. Под действием вращающихся лопаток жидкость приводится во вращательное и поступательное движение. При этом ее давление и скорость возрастают по мере движения в рабочем колесе.

В динамическом насосе увеличивается доля кинетической энергии в связи с увеличением скорости потока на выходе из рабочего колеса.

К динамическим насосам относятся вихревые, центробежные, диагональные, осевые насосы. Именно в таком порядке возрастают подачи насосов и уменьшаются создаваемые напоры.

Центробежные насосы. Принципиальная схема центробежного насоса приведена на рис.

Центробежный насос (или ступень многоступенчатого насоса) состоит из подвода 1, рабочего колеса 2, ротора 3, отвода 4. Жидкость подается во входной патрубок насоса и затем в рабочее колесо, откуда под действием вращающихся лопаток нагнетается в отвод. Давление жидкости на выходе из отвода при этом становится больше, чем на входе, за счет торможения потока и преобразования кинетической энергии в потенциальную энергию давления.

К достоинствам центробежных насосов можно отнести отсутствие пульсаций потока жидкости и высокую приспособляемость к различным условиям работы за счёт применения соответствующих типов колес.

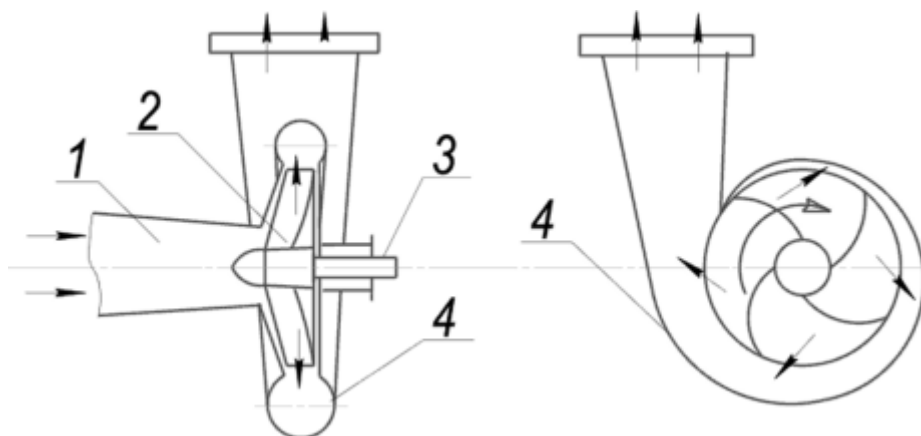


Рис. Схема конструкции центробежного насоса

Недостатками центробежных насосов являются: ограниченный диапазон подач и напоров; низкий КПД при отклонении от номинальных режимов работы; снижение КПД с ростом вязкости перекачиваемой жидкости; зависимость подачи от противодействия и сопротивления системы; невозможность обеспечения работы с самовсасыванием жидкости в пусковой период без специальных устройств.

Вихревые насосы. Отличительная особенность этого типа насосов - вихревое движение жидкости (рис.). Многократное контактирование потока жидкости с рабочим колесом сопровождается повышенными потерями энергии, в результате чего КПД насосов не превышает 40-50 %. Вихревые насосы в сравнении с центробежными могут удалять газы из всасывающей линии, т.е. перекачивать газожидкостные смеси, и обеспечивают самовсасывание в пусковой период.

Осевые насосы используют для создания больших подач при перекачивании загрязненной воды, очищенных стоков, вязких и маловязких продуктов, подпиточной и оборотной воды. По сравнению с центробежными осевые насосы имеют большие подачи и меньшие напоры.

В химической и нефтехимической промышленности широкое распространение получили в основном поршневые, плунжерные, ротационные и центробежные насосы.

Поршневые и плунжерные насосы отличаются более высокими КПД и создаваемыми давлениями, но ограничены производительностью.

Широкое применение для целей энергосбережения получили *струйные насосы*, которые успешно конкурируют с лопастными насосами при наличии сбросных высокопотенциальных потоков газа, пара и жидкостей.

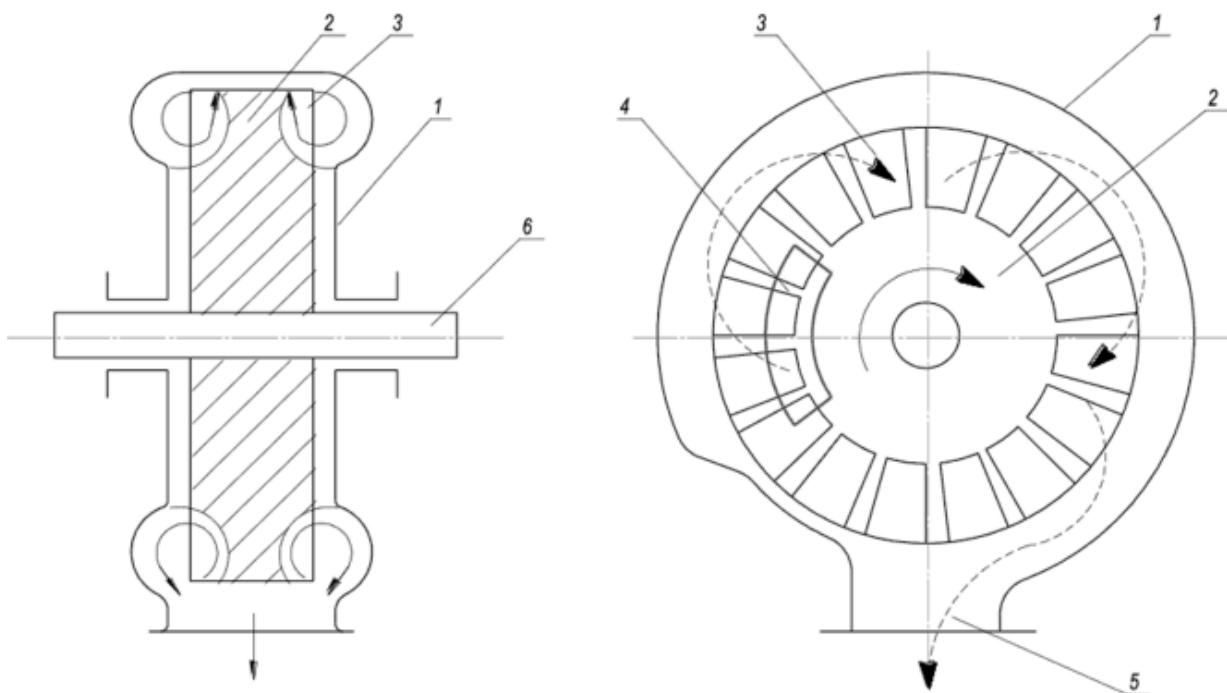


Рис. Схема конструкции вихревого насоса: 1 - корпус; 2 - рабочее колесо; 3 - лопатки; 4 - окно всасывания; 5 - нагнетательный патрубок; 6 - вал
Сжатие и перемещение газов (компрессоры).

Классификация компрессоров.

Компрессоры представляют собой машины, предназначенные для сжатия и перемещения газов за счет механической энергии, подводимой от двигателя.

Практически нет ни одной отрасли промышленности, где бы не применялись компрессоры. Около 15 % всей электроэнергии, получаемой электростанциями России, расходуется на привод компрессоров.

Очень широко компрессоры представлены в химической и нефтехимической промышленности. Так, при синтезе аммиака требуется сжатие газов до 32-70 МПа, для производства полиэтилена - до 250 МПа и более. В производстве метанола, каучука, искусственного жидкого топлива используются газы, давление которых измеряется десятками и сотнями мегапаскалей.

Компрессоры классифицируются по принципу действия, конструктивному исполнению, области рабочих давлений и др.

По принципу действия компрессоры делят на объемные (статического действия), лопастные (динамического действия) и термокомпрессоры.

Согласно кинетической теории, давление газа определяется количеством ударов молекул в единицу времени, приходящимся на единицу поверхности, и зависит также от интенсивности этих ударов. Количество ударов зависит от концентрации молекул в единице объема газа. Интенсивность ударов связана со скоростью молекул газа, которая зависит от температуры.

Повышения давления можно добиться увеличением количества ударов молекул на единицу поверхности - сближением молекул друг с другом, т.е. увеличением количества молекул в единице объема; увеличением скорости движения молекул механическим путем с последующим торможением потока; повышением температуры газа.

Сближение молекул можно осуществлять уменьшением объема замкнутого пространства, в котором находится газ, увеличением скорости потока газа и последующим его торможением.

Первый принцип реализован в объемных компрессорах, для которых характерны отсутствие непрерывного потока газа, периодичность рабочих процессов.

Второй принцип реализован в лопастных компрессорах, отличающихся непрерывностью потока газа и рабочих процессов.

Повышение давления за счет увеличения температуры при использовании так называемых термокомпрессоров не нашло широкого применения в промышленности.

По конструктивному выполнению объемные компрессоры делятся на поршневые и роторные, лопастные - на центробежные и осевые компрессоры. В свою очередь поршневые компрессоры - на компрессоры с кривошипношатунным механизмом и со свободно движущимися поршнями. Роторные компрессоры - на ротационные пластинчатые, винтовые, жидко-кольцевые, ротационные с катящимся поршнем.

По областям рабочих давлений (степени повышения давления $\Pi = p_n/p_{вс}$) компрессоры подразделяются на собственно компрессоры ($\Pi = 2,5-2500$), газодувки ($\Pi = 1,1-4,0$), вентиляторы ($\Pi = 1,0-1,15$) и вакуумные насосы ($p_k = 0,1$ МПа, $\Pi = 1-50$). На рис. показаны области применения различных типов компрессоров.

Каждый из рассмотренных типов компрессоров можно также классифицировать по отдельным частным признакам: числу ступеней, величине производительности, величине создаваемого давления, конструктивному выполнению, составу сжимаемого газа, приводу и т.п.

Наиболее типичным представителем объемных компрессоров является поршневой. Поршневые компрессоры получили самое широкое распространение. Они отличаются от компрессоров других типов высокой экономичностью, простотой конструкции, обслуживания и ремонта, большой надежностью. По численности поршневые компрессоры составляют более 80 % от всего компрессорного парка страны.

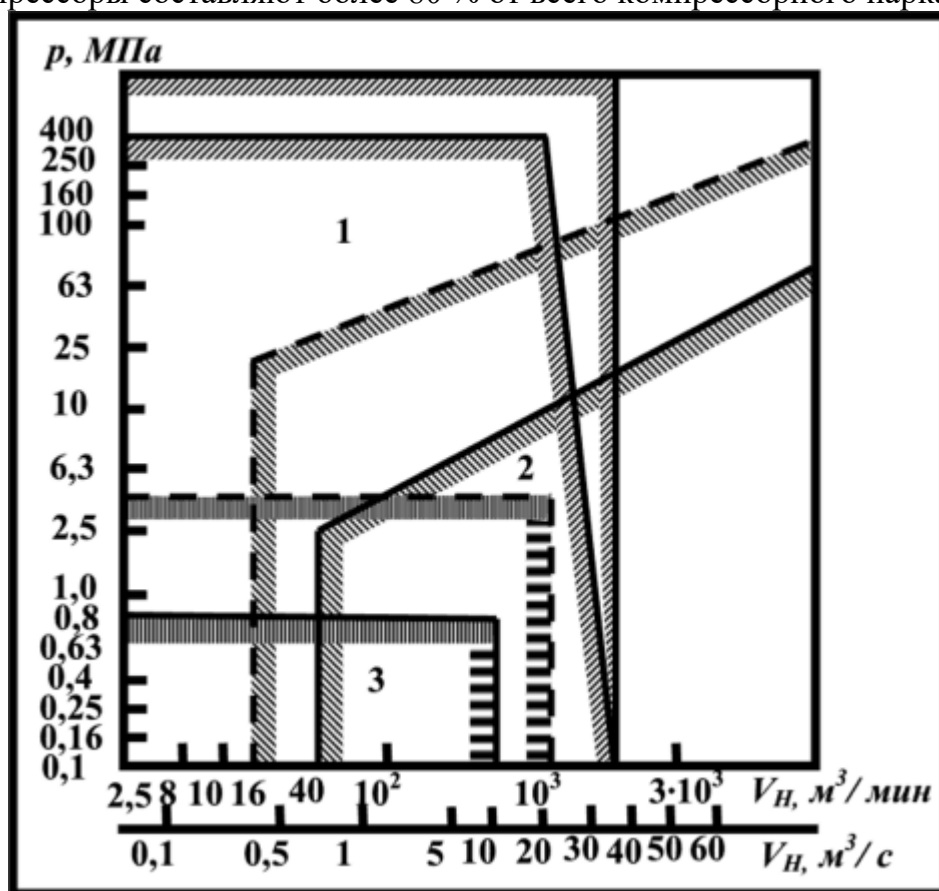


Рис. 2.29. Области рационального использования компрессоров в зависимости от давлений и производительностей: 1 - поршневые и мембранные;

2 - турбокомпрессоры; 3 - роторные компрессоры

Тема 2. Тепловые процессы и аппараты

Способы передачи теплоты.

Перенос энергии в форме тепла, происходящий между телами, имеющими различную температуру, называется *теплообменом*. Движущей силой любого процесса теплообмена является разность температур между более нагретым и менее нагретым телами, при наличии которой имеет место самопроизвольный перенос тепла.

Согласно второму закону термодинамики, *самопроизвольный процесс переноса теплоты в пространстве возникает под действием разности температур и направлен в сторону уменьшения температуры*.

Теплообмен представляет собой обмен энергией между молекулами, атомами и свободными электронами. В результате теплообмена интенсивность движения частиц более нагретого тела снижается, а менее нагретого возрастает.

Теплопередача – наука о процессах распространения тепла. Законы теплопередачи лежат в основе тепловых процессов – нагревания, охлаждения, конденсации паров, кипения жидкостей, выпаривания – и имеют большое значение для проведения многих массообменных процессов (перегонки, сушки и др.), а также реакционных процессов химической технологии, протекающих с подводом или отводом тепла.

Тела, участвующие в теплообмене, называются *теплоносителями*. Теплота может распространяться в любых веществах и даже в вакууме. Идеальных изоляторов тепла не существует.

Во всех веществах тепло передается *теплопроводностью* за счет переноса энергии микрочастицами. Молекулы, атомы, электроны и другие микрочастицы, из которых состоит вещество, движутся со скоростями, пропорциональными температуре. За счет взаимодействия частиц друг с другом более быстрые отдают энергию медленным частицам, перенося таким образом теплоту из зоны с более высокой температурой в зону с меньшей температурой.

В жидкостях и газах перенос теплоты может осуществляться еще и за счет перемешивания движущихся частиц. При этом уже не отдельные молекулы, а большие макроскопические объемы более нагретой жидкости (газа) перемещаются в зоны с меньшими температурами, а менее нагретые – в зоны с большей температурой. Перенос теплоты вместе с макроскопическими объемами вещества называется *конвекцией*.

Одновременно вместе с конвекцией имеет место теплопроводность. Такой сложный вид теплообмена называется *конвективным*. Конвекция является определяющим процессом переноса тепла в жидкостях и газах, поскольку она значительно интенсивнее теплопроводности.

Большое распространение получил теплообмен между жидкостью (газом) и поверхностью твердого тела (или наоборот). Этот процесс называется *конвективной теплоотдачей* или просто *теплоотдачей*.

Излучение является третьим способом передачи тепла. Теплота излучением передается через все прозрачные среды, в том числе и в вакууме (в космосе). Носителями энергии при излучении являются *фотоны*, излучаемые и поглощаемые телами, участвующими в теплообмене.

В большинстве случаев перенос теплоты производится несколькими способами одновременно. В процессе теплоотдачи участвуют все способы передачи тепла – теплопроводность, конвекция и излучение. Более сложным является процесс передачи тепла от более нагретого теплоносителя к менее нагретому через разделяющую их

стенку, называемый *теплопередачей*. В процессе теплопередачи переносу тепла конвекцией сопутствуют теплопроводность и теплообмен излучением. Однако при рассмотрении сложных процессов теплообмена преобладающими в определенных условиях является один или два из трех способов распространения тепла.

В непрерывно действующих аппаратах температуры в различных точках не изменяются во времени и протекающие процессы теплообмена считаются *установившимися* (стационарными). В периодически действующих аппаратах, где температуры меняются во времени, осуществляются *неустановившиеся* (нестационарные) процессы теплообмена.

Теплообменные аппараты.

Классификация и типы теплообменных аппаратов.

При проектировании и конструировании теплообменных аппаратов необходимо максимально удовлетворить многочисленные и в большинстве случаев противоречивые требования, предъявляемые к теплообменникам. Основные из них: соблюдение условий протекания технологического процесса; возможно более высокий коэффициент теплопередачи; низкое гидравлическое сопротивление аппарата; устойчивость теплообменных поверхностей к коррозии; доступность поверхности теплопередачи для чистки; технологичность конструкции с точки зрения изготовления; экономное использование материалов.

Теплообменные аппараты подразделяются в зависимости от формы поверхности, вида теплоносителя, способа передачи теплоты. В соответствии с последним показателем их можно классифицировать на поверхностные (рекуперативные), смесительные (контактные) и регенеративные.

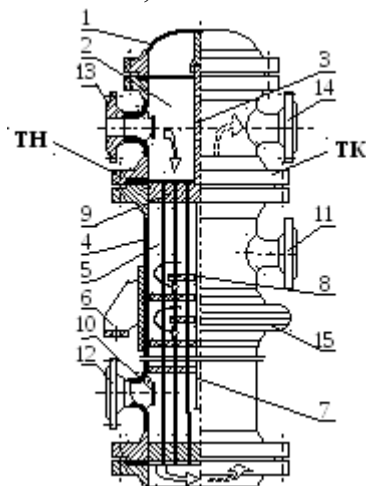
Поверхностные теплообменники представляют собой наиболее распространенную и важную группу теплообменных аппаратов, используемых в химической технологии. В поверхностных теплообменниках теплоносители разделены стенкой, при этом теплота передается через поверхность этой стенки. Если поверхность теплообмена в таких теплообменниках формируется из труб, то их называют трубчатыми (трубными). В другой группе поверхностных теплообменников поверхностью теплообмена являются стенка аппарата или металлические плоские листы. Такие теплообменники называются пластинчатыми.

В смесительных (или контактных) теплообменниках теплообмен происходит при непосредственном соприкосновении теплоносителей. К смесительным теплообменникам относятся, например, градирни. В регенеративных теплообменниках процесс переноса теплоты от горячего теплоносителя к холодному разделяется во времени на два периода и происходит при попеременном нагревании и охлаждении насадки. Теплообменники этого типа чаще всего применяются для регенерации теплоты отходящих газов.

В химической и нефтехимической промышленности самое широкое распространение получили поверхностные теплообменники, чаще всего трубчатого типа. Теплообменники этого типа называются *кожухотрубчатыми* или *кожухотрубными*. Они достаточно просты в изготовлении, позволяют развивать большую поверхность теплообмена в одном аппарате, надежны в работе.

Этот тип теплообменной аппаратуры получил наибольшее распространение благодаря простоте конструкции и технологии изготовления. Согласно государственному стандарту кожухотрубные теплообменники изготавливают следующих типов: ТН – с неподвижными трубными решетками и жестким кожухом; ТК – с неподвижными трубными решетками и температурным компенсатором на кожухе; ТУ – с неподвижными

трубными решетками и U-образными теплообменными трубами; ТП – с плавающей головкой; ТС – с сальником на плавающей головке.



В зависимости от назначения они могут быть подогревателями, холодильниками, конденсаторами и испарителями и целью увеличения скорости движения теплоносителей, изготавливаются двух-, четырех-, шести- и двенадцатиходовыми.

Рис. 2.5. Двухходовой вертикальный кожухотрубный теплообменник:

1 – крышка; 2 – распределительная камера; 3, 8 – перегородки; 4 – кожух;

5 – трубный пучок; 6 – опоры; 7 – стержень; 9 – трубная решетка;

10 – обтекатель; 11...14 – патрубki; 15 – линзовый компенсатор

На рис. 2.5 изображен кожухотрубный вертикальный двухходовой теплообменник типа ТН (левая часть) и ТК (правая часть).

Теплообменник состоит из цилиндрического сварного кожуха 4, трубного пучка 5, распределительной камеры 2 и двух крышек 1, соединенных с кожухом фланцами. Трубная решетка 9 приварена к корпусу.

Перегорodka 3 служит для образования двух ходов по трубам. Перегородки 8, зафиксированные стержнем 7, служат для обеспечения зигзагообразного движения теплоносителя в межтрубном пространстве. За счет зигзагообразного движения увеличивается скорость теплоносителя и, следовательно, коэффициент теплопередачи.

Для защиты трубок от эрозии и истирания движущейся средой внутри кожуха напротив входного патрубка установлен обтекатель 10, представляющий изогнутую пластину, приваренную к корпусу.

Вследствие жесткого крепления трубных решеток к кожуху и трубок к решеткам при возникновении разности температур в местах их крепления возникают температурные напряжения, обусловленные различным удлинением кожуха и трубок.

Для частичной компенсации температурных напряжений, которые могут достигать существенных значений, в данных теплообменниках устанавливается линзовый компенсатор 15. Он состоит из двух частей, отштампованных из стальных колец в виде полуолн и сваренных между собой по периметру.

Особенностью аппаратов типа ТН является то, что трубы жестко соединены с трубными решетками, а сами решетки приварены к кожуху. В связи с этим при работе аппарата возникают температурные напряжения, которые при повышении допустимых значений являются причиной нарушения герметичности или появления пластических деформаций элементов конструкции. По этой причине теплообменники типа ТН используются при небольшой разности температур кожуха и труб.

Если расчетная разность температур кожуха и труб превышает величину 50–60 °С, необходимо использовать полужесткие конструкции типов ТК и ПК либо конструкции с полной компенсацией температурных напряжений (типы ТУ и ТП). Компенсирующая способность линзовых компенсаторов пропорциональна числу элементов, однако применять компенсаторы с числом линз более четырех не рекомендуется из-за снижения жесткости кожуха. Применение линзовых компенсаторов снижает максимально допустимое давление в межтрубном пространстве. В теплообменниках типа ТУ

максимальная разность температур стенок кожуха и труб может достигать 100 °С, а при дальнейшем ее увеличении могут возникнуть опасные напряжения в трубной решетке.

Преимущество теплообменников типа ТУ состоит в возможности чистки наружной поверхности трубного пучка. В то же время чистить внутреннюю поверхность довольно сложно.

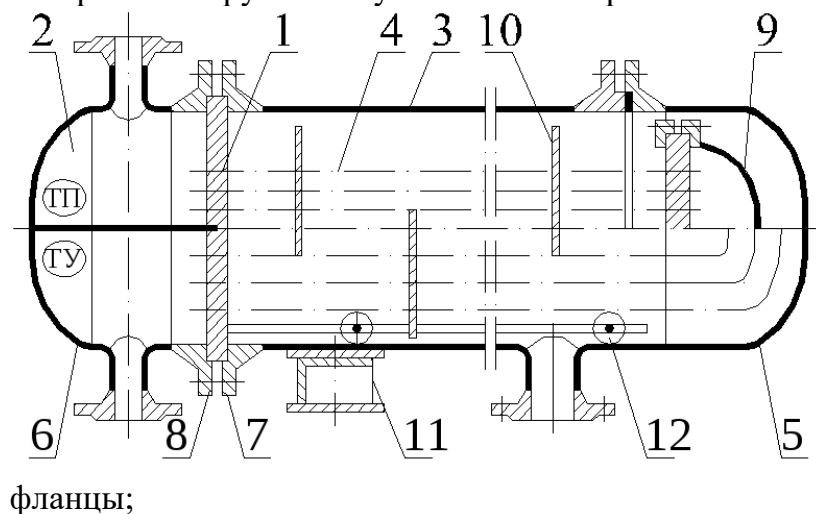


Рис. 2.6. Двухходовой горизонтальный кожухотрубный теплообменник:

1 – трубная решетка; 2 – распределительная камера; 3 – корпус (кожух);

4 – трубный пучок; 5 – днище; 6 – крышка; 7, 8 –

фланцы;

9 – плавающая головка; 10 – перегородки; 11 – опора;

12 – роликовая платформа

Существенный недостаток этого типа – невозможность замены внутренних труб пучка при выходе их из строя. Кроме того, теплообменник типа ТУ менее всего представляет собой компактную конструкцию. По-видимому, эти недостатки ограничивают их широкое применение.

Теплообменники типа ТП на практике встречаются чаще, так как здесь обеспечивается наилучшая компенсация температурных деформаций за счет применения «свободно плавающей головки». Такая конструкция часто используется в испарителях.

На рис. показаны конструкции кожухотрубных теплообменников с полной компенсацией температурных напряжений типа ТП (верхняя часть рисунка) и ТУ (нижняя часть рисунка). Такой теплообменник состоит из кожуха 3, трубного пучка 4, распределительной камеры 2, правой 5 и левой 6 крышек. Левая трубная решетка 1 зажата между фланцами 7 и 8, соединяющими кожух и распределительную камеру. Правая трубная решетка теплообменника ТП установлена внутри кожуха свободно и образует вместе с присоединенной крышкой 9 «плавающую головку».

Для увеличения скорости межтрубного потока и его турбулизации на трубках 4 закреплены ходовые перегородки 10. Теплообменник установлен на двух опорах 11. Для правильного расположения трубного пучка внутри кожуха и облегчения сборки теплообменники типа ТП с диаметром выше 800 мм снабжаются роликовыми опорными платформами 12.

Компенсация температурных напряжений в трубчатых теплообменниках типа ТС достигается также путем использования сальникового устройства (рис.), которое может располагаться как на корпусе (левая часть), так и на патрубке (правая часть). Последний вариант предпочтителен, так как периметр уплотнения, а следовательно, и усилие сжатия сальника в такой конструкции имеет меньшее значение.

Аппараты с сальниковыми уплотнениями используются при невысоких давлениях (порядка 0,6 МПа).

Двухтрубные теплообменники довольно часто называют теплообменниками типа «труба в трубе». Они представляют собой набор последовательно соединенных элементов, состоящих из двух концентрически расположенных труб (рис.).

Один из теплоносителей движется по внутренним трубам, другой – в кольцевом зазоре, образованном внутренними и наружными – трубами. Внутренние трубы соединяются калачами, а наружные патрубками. Длина элемента теплообменника типа «труба в трубе» обычно составляет 3–6 м, Диаметр наружной трубы – 159 мм, внутренней – от 10 до 57 мм.

В связи с незначительными сечениями внутренней трубы и кольцевого зазора в теплообменниках достигаются достаточно высокие скорости движения теплоносителей (до трех метров в секунду), что способствует увеличению коэффициентов теплопередачи, замедлению отложения накипи и загрязнений на стенках труб. Основным достоинством двухтрубных теплообменников является осуществление процессов теплообмена с теплоносителями при высоких давлениях. В свою очередь, двухтрубные теплообменники более металлоемки, чем кожухотрубчатые.

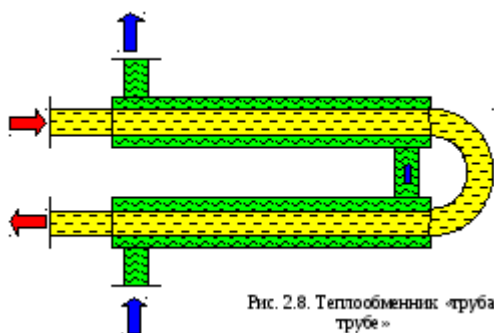


Рис. 2.8. Теплообменник «труба в трубе»

В *змеевиковых теплообменниках* основным теплообменным элементом является согнутая в виде змеевика труба. К ним относятся погружные теплообменники с одним и несколькими спиральными змеевиками, по которым движется один из теплоносителей. Змеевики погружаются в жидкость, находящуюся в корпусе аппарата и представляющую второй теплоноситель. Скорость движения второго теплоносителя невелика в связи с

большим сечением корпуса аппарата, что обуславливает низкие значения коэффициентов теплоотдачи со стороны наружной стенки змеевика.

Простота устройства, низкая стоимость, доступность наружных стенок змеевика для чистки и осмотра, возможность поддержания высоких давлений в змеевиках обеспечивают достаточно широкое применение погружных теплообменников в промышленности. Одним из основных недостатков змеевиковых теплообменников погружного типа следует отметить сравнительно невысокую поверхность теплообмена (до 10–15 м²).

Довольно широкое применение в химической технологии находят теплообменники с *наружными змеевиками*, применение которых позволяет проводить процесс при высоких давлениях. К стенкам аппаратов (обычно реакторов) снаружи приваривают змеевики, изготовленные из полуцилиндров или угловой стали.

К достоинствам аппарата с приваренными змеевиками следует отнести возможность разделения системы труб-змеевиков на отдельные секции, питаемые независимо друг от друга. Включением и отключением отдельных секций можно регулировать обогрев или охлаждение аппарата. Немаловажным достоинством теплообменников подобного типа является то, что материал привариваемых змеевиков может быть более дешевым, чем материал корпуса аппарата.

Оросительные теплообменники применяют в основном для охлаждения жидкостей и газов или конденсации паров. Оросительный теплообменник представляет собой змеевик из размещенных друг над другом прямых труб, соединенных между собой калачами. Снаружи трубы орошаются водой, подаваемой в желоб для равномерного распределения охлаждающей воды по всей длине верхней трубы змеевика. Отработанная вода стекает в поддон. По трубам протекает охлаждаемый теплоноситель.

Орошающая теплообменник вода при стекании вниз по наружным стенкам труб частично испаряется. Процесс теплообмена достаточно интенсивный, вследствие чего расход воды на охлаждение в оросительных теплообменниках меньше, чем в холодильниках других типов. Но при этом возможны необратимые потери воды. К недостаткам таких теплообменников следует отнести их громоздкость, неравномерность смачивания наружной поверхности труб, нижние ряды которых могут вообще не смачиваться и практически не участвовать в теплообмене. Поэтому, несмотря на простоту изготовления, легкость чистки наружных стенок труб и другие достоинства, оросительные теплообменники находят ограниченное применение.

Теплообменники с оребренными трубами. В технике довольно часто встречаются процессы теплообмена, в которых коэффициенты теплоотдачи по обе стороны поверхности теплопередачи значительно отличаются по величине. Так, например, при нагреве воздуха конденсирующимся водяным паром коэффициент теплоотдачи от пара к стенке составляет примерно 10000–15000 Вт/(м²К), а от стенки к нагреваемому воздуху – 10–50 Вт/(м²К). Оребрение труб со стороны воздуха позволяет существенно повысить тепловую нагрузку теплообменника за счет увеличения поверхности теплообмена со стороны теплоносителя с низким коэффициентом теплоотдачи. Оребренные трубы также используются при нагреве или охлаждении сильновязких жидкостей.

Конструкции оребренных теплообменников весьма разнообразны причем разработаны конструкции, как с оребренными трубами, так и с плоскими поверхностями теплообмена.

Пластинчатые теплообменники собираются из пакетов гофрированных пластин, по краям которых уложены резиновые прокладки (рис.).

При сжатии пакета между пластинами образуются щелевые каналы, куда подаются теплоносители. Таким образом, основной деталью пластинчатого теплообменника является гофрированная штампованная стальная пластина, имеющая по контуру резиновую прокладку. В углах пластины имеются отверстия для подвода или отвода теплоносителей. Для увеличения поверхности теплообмена и турбулизации потоков теплоносителей проточную часть пластины делают гофрированной или ребристой, причем гофры могут быть горизонтальными или расположенными в «елочку».

Поскольку скорость движения теплоносителей в щелевых каналах значительна (1–3 м/с), то коэффициенты теплопередачи в пластинчатых теплообменниках достигают больших значений порядка 4000 Вт/(м²К) при сравнительно невысоких гидравлических сопротивлениях.

Материалом пластин является нержавеющая сталь, титан, алюминий, мельхиор, материал прокладки – резина на клею, синтетический каучук.

Пластинчатые теплообменники достаточно просты в изготовлении, их легко разбирать и ремонтировать. Однако герметизация пластин представляет серьезную проблему. По этой же причине применение их при высоких давлениях затруднительно.

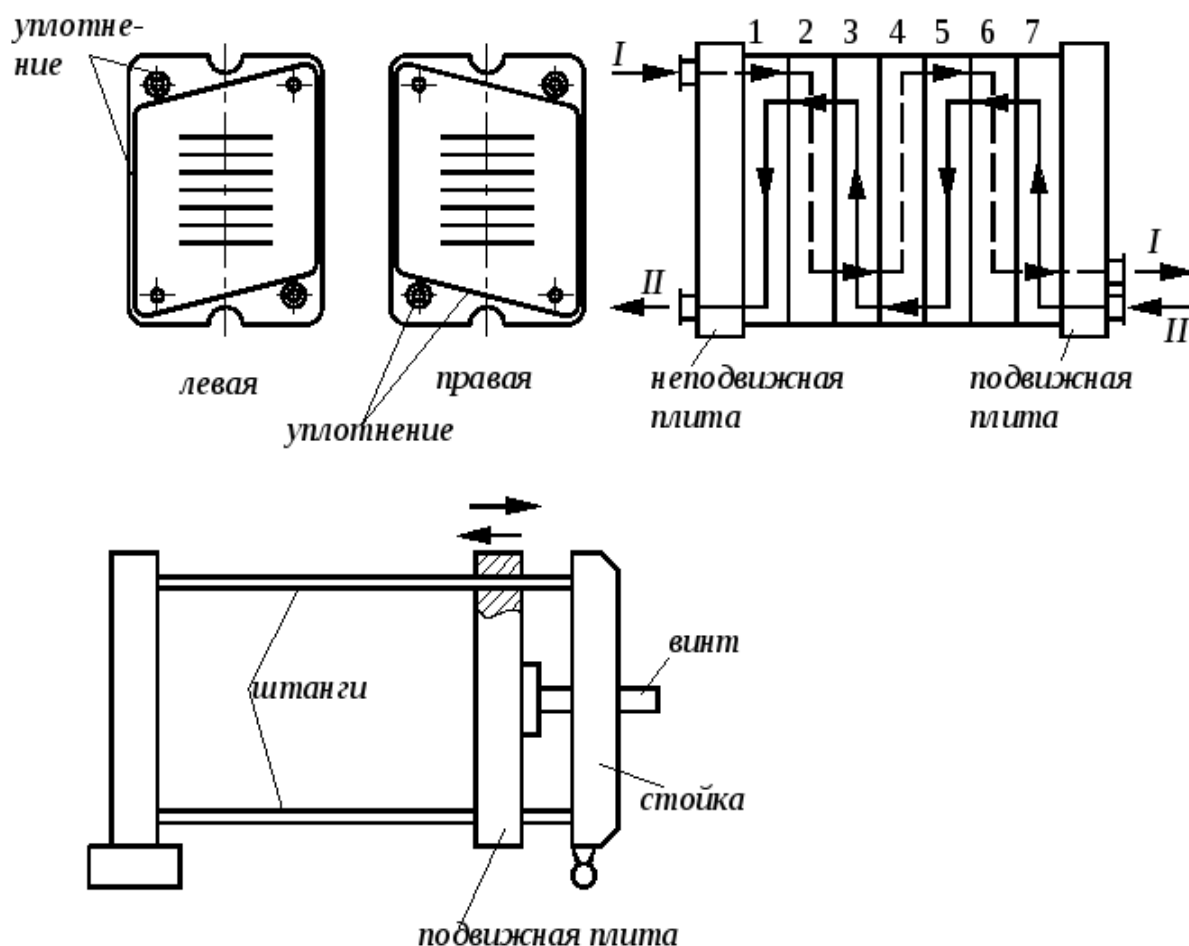


Рис. Пластины, схема движения теплоносителей, исполнение пластинчатого теплообменника на консольной раме.

В *спиральных теплообменниках* (рис.) поверхность теплообмена образована двумя тонкими металлическими листами 1 и 2, приваренными к разделительной перегородке 3 и свернутыми в виде спиралей. В результате образуются два спиральных канала теплоносителей. Для придания листам жесткости и прочности, а также для фиксирования расстояния между спиральями к листам с обеих сторон приварены дистанционные штифты 4. В стандартных теплообменниках зазор между пластинами равен 8 или 12 мм. Уплотнение спиральных каналов производится торцевыми крышками 5.

Спиральные теплообменники компактны, позволяют создавать высокие скорости движения теплоносителей (для жидкостей до 1–2 м/с) при достаточно низких гидравлических сопротивлениях.

Однако эти аппараты сложны в изготовлении, не могут работать при давлениях выше 1 МПа, так как герметизация спиралей вызывает определенные трудности.

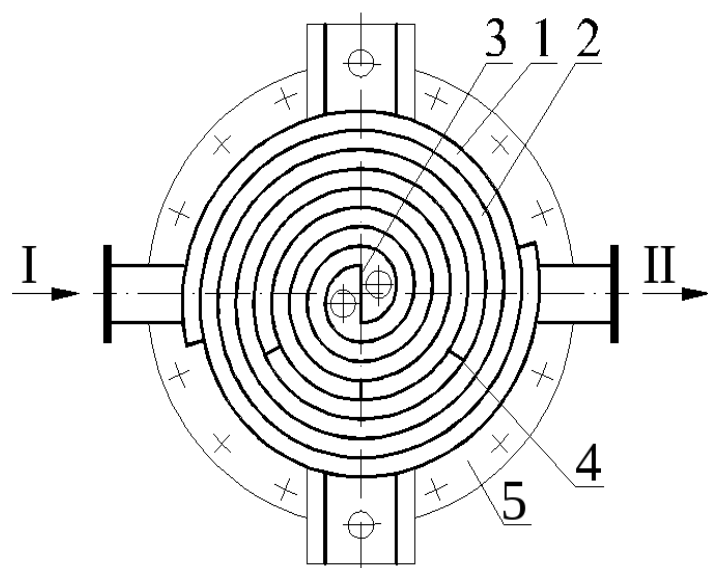


Рис. Спиральный теплообменник

В химической промышленности для охлаждения и конденсации жидких и

парогазовых сред хорошо зарекомендовали себя аппараты *воздушного охлаждения*, имеющие следующие преимущества: низкие расходы воды, а следовательно, и эксплуатационные расходы; низкую стоимость монтажных и ремонтных работ; возможность регулирования процесса теплообмена.

Рабочий диапазон температур в зависимости от типа оребрения и материала труб от -40 до $400\text{ }^{\circ}\text{C}$, условное давление $0,6\text{--}6,4\text{ МПа}$.

Регулирование температурного режима работы теплообменного аппарата может осуществляться путем: включения, отключения вентилятора или изменения скорости вращения вала при наличии двухскоростных электроприводов; изменения угла наклона лопастей вентилятора; изменения положения жалюзийных заслонок; подачи воды в распылительные форсунки.

Во избежание переохлаждения продукта в трубах в зимнее время предусмотрен змеевиковый паровой подогреватель из оребренных труб.

На рис. приведена конструкция аппарата воздушного охлаждения. На сварной раме 1 размещены теплообменные секции 2. Они состоят из пучка поперечно оребренных труб. Снизу к раме прикреплены диффузор 3 и коллектор 4, в центре которого находится осевой вентилятор 5. Вентилятор вместе с угловым редуктором и электродвигателем 7 смонтирован на отдельной раме 8. Для повышения эффективности работы в его конструкции предусмотрены распыливающие водяные форсунки 9, автоматически включающиеся при повышенной температуре окружающей среды. Зимой можно отключать электродвигатель вентилятора. Кроме этого, интенсивность теплообмена можно регулировать изменением угла наклона лопастей вентилятора, от которого зависит расход прокачиваемого воздуха. Для этого в аппарате предусмотрен механизм дистанционного поворота лопаток с ручным или пневматическим приводом и жалюзи, устанавливаемые над теплообменными секциями. Жалюзийные заслонки можно поворачивать вручную или автоматически с помощью пневмопривода.

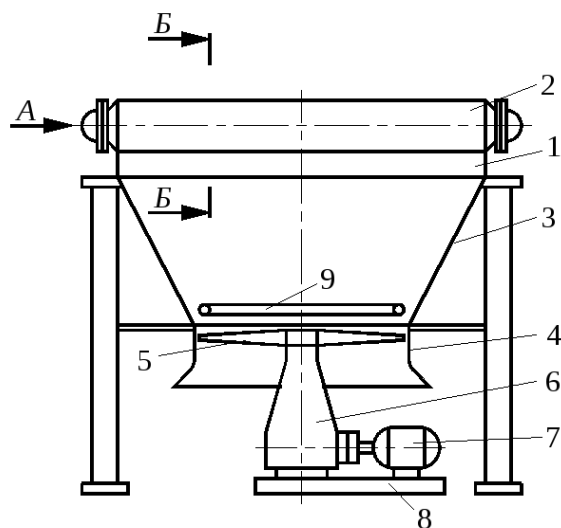
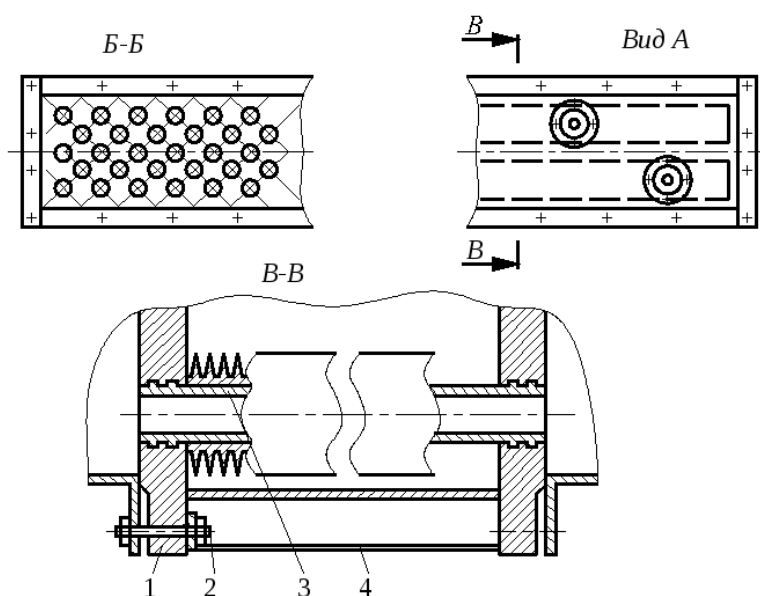


Рис. Аппарат воздушного охлаждения (виды и разрезы)

Смесительные теплообменники являются высокоинтенсивными аппаратами, так как в них теплообмен происходит при непосредственном соприкосновении теплоносителей и отсутствует

Рис. Аппарат воздушного охлаждения

Теплообменная секция состоит из 4, 6 или 8 рядов труб 3 (рис.), размещенных по вершинам равностороннего треугольника в трубных решетках 1. Трубы закреплены развальцовкой или развальцовкой со сваркой. Секции могут быть одно- или многоходовыми.



термическое сопротивление стенки. Эти теплообменники применяют в тех случаях, когда допустимо смешение теплоносителей или когда это смешение допускается технологическими условиями. В большинстве случаев это аппараты непрерывного действия. В зависимости от назначения они имеют различные технические названия. Наиболее часто смесительные теплообменники применяют для конденсации водяного пара, нагрева и охлаждения воды и газов (обычно воздуха). По принципу устройства смесительные теплообменники подразделяются на полые, полочные, насадочные барботажные.

Для осушения или увлажнения воздуха в установках кондиционирования применяются кондиционеры. Очистка воздуха или газа от пыли, смолы путем промывки их водой осуществляется в скрубберах. Нагрев жидкостей за счет тепла воздуха, газа или пара производится в смесительных подогревателях или конденсаторах, а охлаждение больших количеств циркуляционной воды достигается благодаря ее тепло- и массообмену с воздухом в градирнях.

Широкое применение в химической технологии нашли *барометрические конденсаторы*. Полочный барометрический конденсатор смешения предназначен для создания вакуума в аппаратах с паровой средой, в частности в выпарных установках.

В этом аппарате (рис.) водяной пар вводят в корпус 1 конденсатора с сегментными перфорированными полками 2. Воду подают на верхнюю полку, откуда она перетекает по полкам 2, имеющим небольшие борта. Основная часть воды вытекает тонкими струйками через отверстия в полках, а оставшая перетекает через борт на нижерасположенную полку. При контакте с водой пар конденсируется, вследствие чего в конденсаторе и аппарате создается разрежение.

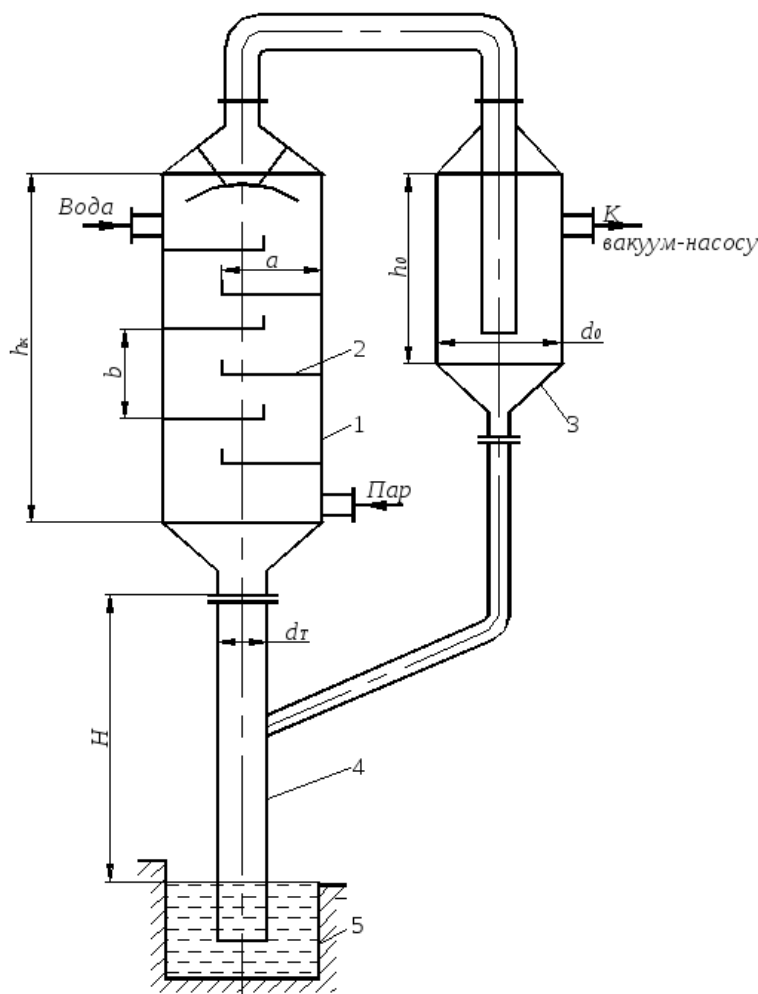


Рис. Барометрический конденсатор

Образовавшаяся смесь конденсата и воды самотеком сливается в барометрическую трубу 3 высотой около 10 м и затем в емкость 4. Барометрическая труба 3 и емкость 4 образуют гидрозатвор, который препятствует проникновению воздуха в аппарат. Из емкости 4 воду удаляют в линию обратной воды или канализацию. Несконденсировавшийся воздух, находившийся в паре и охлаждающей воде, пропускают через ловушку 5 и откачивают вакуум-насосом.

Регенеративные теплообменники обычно состоят из двух аппаратов цилиндрической формы, корпуса которых заполняют насадкой в виде свернутой в спираль гофрированной металлической ленты, решетчатой кирпичной кладки, кусков шамота, листового металла и других материалов. Эта насадка попеременно нагревается при соприкосновении с горячим теплоносителем, затем, соприкасаясь с холодным теплоносителем, отдает ему свою теплоту.

В период нагрева насадки через один аппарат пропускают горячий газ, который охлаждается и поступает на дальнейшую переработку, а через другой аппарат – холодный газ, отнимающий теплоту у насадки, разогретой в предыдущем цикле. Каждый цикл состоит из двух периодов: разогрева насадки и ее охлаждения. Переключение аппаратов после каждого периода нагревания и охлаждения, длящихся обычно по несколько минут, происходит автоматически с помощью клапанов.

Тема 3. Массообменные процессы и аппараты

Основы массопередачи.

Общие сведения о массообменных процессах.

Технологические процессы, скорость протекания которых определяется скоростью переноса вещества из одной фазы в другую, называются массообменными, а аппараты, в которых происходят эти процессы, - массообменными аппаратами.

Массообменные процессы занимают особое место среди химико-технологических процессов.

В большинстве производственных установок химической промышленности массообменный и реакционный аппараты связаны по следующей схеме (рис.).

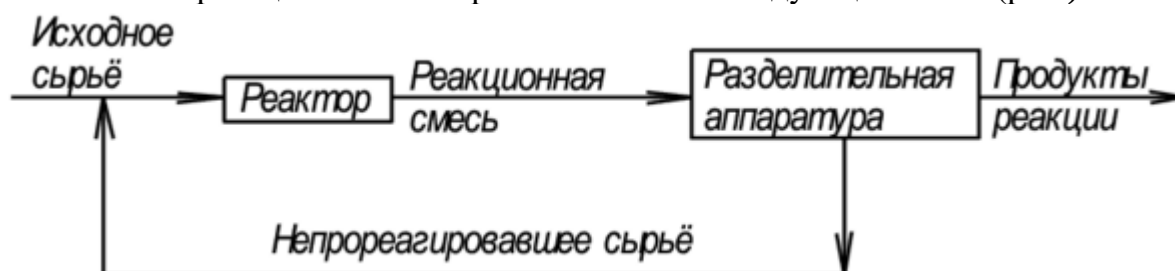


Рис. 4.1. Схема технологического процесса с массообменным аппаратом

Исходное сырьё поступает в реактор, где частично превращается в продукты реакции, поскольку химические реакции с получением целевых продуктов не протекают до конца. Выходящая из реактора смесь продуктов реакции и сырья, не участвующего в реакции, направляется в массообменную разделительную аппаратуру. В аппаратуре производится разделение смеси на продукты реакции и непрореагировавшее сырьё, которое возвращается в реактор, а продукты реакции поступают на дальнейшую переработку.

Отсюда следует, что между реакционными и разделительными аппаратами существует тесная технологическая связь. Закон этой связи таков: *чем меньше нагрузка на реакционный аппарат, т.е. чем меньше превращение исходного сырья в продукты реакции, тем больше нагрузка на разделительный аппарат, и наоборот.*

Оптимальное сочетание нагрузок на реакционный и разделительный аппараты обеспечивает минимальные производственные затраты. Поэтому основа химического производства - реактор - работает оптимально только в сочетании с оптимально работающим разделительным аппаратом. В этой связи работа массообменного аппарата в химической промышленности имеет не меньшее значение, чем работа самого реактора.

В разделительном аппарате могут производиться разнообразные процессы. Основными и важнейшими из них являются *абсорбция, ректификация, экстракция, кристаллизация, адсорбция, сушка, ионнообменные процессы и мембранное разделение.*

Абсорбцией называется процесс разделения, основанный на избирательном поглощении газов или паров жидкими поглотителями - адсорбентами. Этот процесс применяется во многих производствах, в которых из смеси газов необходимо извлечь какое-либо вещество или комплекс веществ. В процессе абсорбции имеет место *переход вещества или группы веществ из газовой (паровой) фазы в жидкую*. Обратный процесс называется *десорбцией*.

Ректификацией называется процесс разделения смеси жидкостей, имеющих различные температуры кипения при соответствующем давлении, на чистые или обогащенные составляющие в результате противоточного движения потоков пара и жидкости. Процесс имеет большое значение в тех производствах, в которых необходимо

частичное или полное разделение жидких однородных смесей на чистые компоненты или их группы. В процессе ректификации имеет место *переход вещества или группы веществ из жидкой фазы в паровую и наоборот*.

Экстракцией называется процесс разделения, основанный на извлечении растворенного в одной жидкости вещества или группы веществ другой жидкостью, яется в тех случаях, когда из раствора необходимо извлечь растворенное вещество или группу веществ. В этом процессе имеет место *переход вещества из одной жидкой фазы в другую жидкую фазу*.

Адсорбцией называется процесс разделения, основанный на избирательном поглощении газов, паров или растворенных в жидкостях веществ твердым пористым поглотителем - адсорбентом, способным поглощать одно или несколько веществ из их смеси. Процесс используется в тех производствах, где из смеси газов, паров или растворенных веществ необходимо извлечение того или иного вещества. В этом процессе *вещества переходят из газовой или жидкой фаз в твердую*. Обратный процесс называется *десорбцией*.

Ионнообменный процесс представляет собой процесс извлечения вещества из раствора, основанный на способности некоторых твердых веществ (ионитов) обменивать свои подвижные ионы на ионы извлекаемого вещества. Процесс применяется для извлечения веществ из растворов, имеющих низкую концентрацию. В этом процессе *вещества переходят из жидкой фазы в твердую*.

Сушкой называется процесс удаления влаги из твердых влажных материалов путем ее испарения. Процесс необходим для тех производств, в которых влажные природные вещества предварительно до их переработки или готовые вещества в последней стадии производства должны быть обезвожены. В этом процессе имеет место *переход влаги из твердого влажного материала в паровую или газовую фазу*.

Кристаллизацией называется процесс разделения, основанный на выделении вещества в виде твердой фазы (кристаллов) из жидкой фазы. Процесс имеет место в тех случаях, где требуется получение веществ повышенной чистоты. В этом процессе происходит *переход вещества из жидкой фазы в твердую фазу*. Обратный процесс - *растворение*.

Мембранное разделение основано на способности определенных тонких пленок (полупроницаемых мембран) пропускать одни вещества и задерживать другие. В этом процессе *вещества переходят через полупроницаемую мембрану из исходной жидкости или газа в жидкую или газовую фазу, находящуюся за мембраной*.

Из краткой характеристики следует, что для всех массообменных процессов характерным является *переход вещества из одной фазы в другую, или массопередача*.

Тема 4. Мембранные процессы

Мембранные процессы – это процессы молекулярного разделения растворов путем их фильтрования через полупроницаемые мембраны. Баромембранный процесс разделения жидкостей основан на способности веществ проходить через поры мембран за счет разности давлений по обе стороны мембраны. Сквозь мембрану могут пройти только вещества, размер молекул которых меньше, чем диаметр пор мембраны.

В процессе мембранного разделения образуются концентрат (ретентат), который задерживается на мембране, и очищенный раствор (пермеат), который проходит через мембрану.

В зависимости от типа полупроницаемых мембран, применяемых в процессе разделения, от размеров пор и давления на мембране выделяют: микрофильтрацию,

ультрафильтрацию, нанофильтрацию и обратный осмос. С уменьшением размера задерживаемых частиц, уменьшается требуемый размер пор мембраны и увеличивается давление, необходимое для осуществления процесса.

Наилучшие результаты мембранного разделения достигаются путем серии последовательно соединенного оборудования в следующем порядке: микрофильтрация, ультрафильтрация, нанофильтрация и обратный осмос. Разделение происходит от наибольшего размера частиц к наименьшему. Это позволяет обеспечить максимально возможный срок службы оборудования, т.е. частицы большого диаметра улавливаются в первых фазах на «грубых» мембранах и не загрязняют более «тонкие» мембраны на последующих этапах разделения.

Мембраны очищаются путем обратной промывки деминерализованной водой.

Использование мембранных процессов:

- гальваническое производство
- фармацевтическая промышленность
- пищевая промышленность
- текстильное производство
- бумажное производство
- электротехническое производство
- энергетика
- очистка сточных вод

Преимущества мембранных процессов:

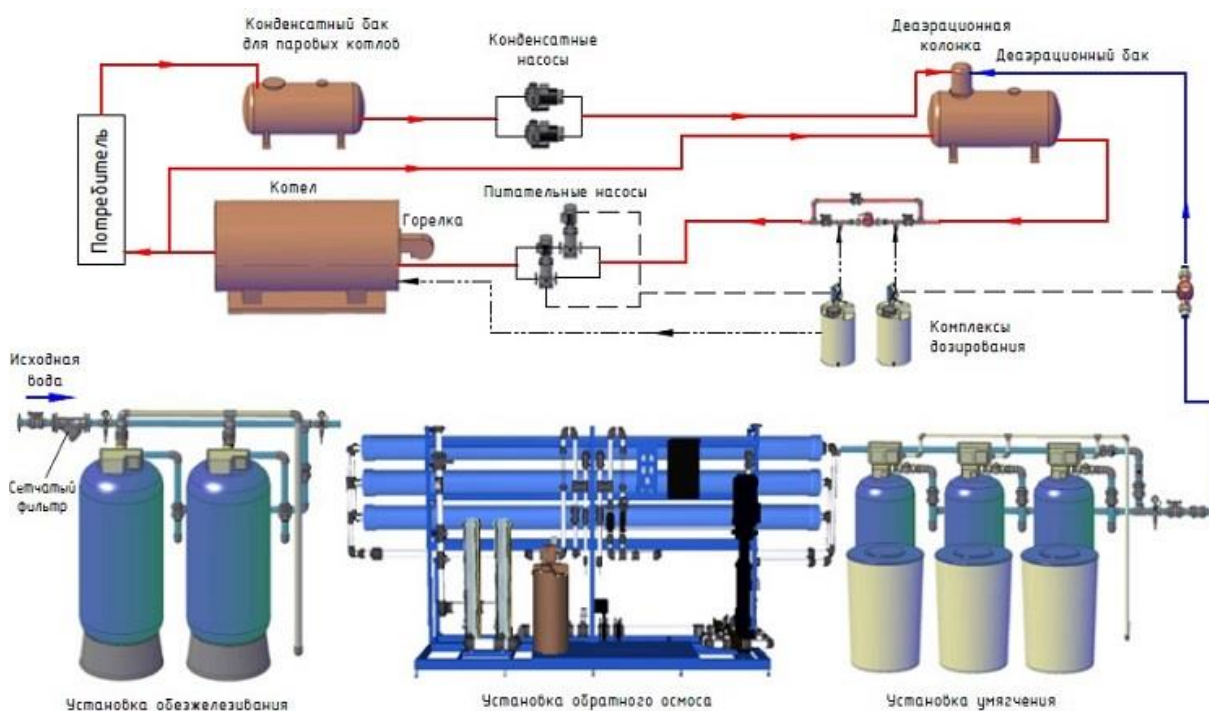
- эффективность разделения выше 90%
- уменьшение потребления химических веществ
- возможность отделения микроорганизмов
- низкая энергоемкость
- автоматическая и непрерывная работа.

Мембранные процессы в котельных установках.

Для защиты оборудования котельной применяют разные способы очистки воды. В зависимости от качества источника используется грубая и тонкая очистка воды, аэрация и обезжелезивание, опреснение и обессоливание. Рассказываем о самом эффективном способе очистки для котельных – обратном осмосе.

Обратной осмос в котельной.

Важно отметить, что использование обратного осмоса в котельной актуально только для паровых котлов. В то время как для водогрейных котлов обратный осмос не используется.



Подготовка воды для паровых котлов методом обратного осмоса

Принцип работы, цель и задачи обратного осмоса.

В установке обратного осмоса для очистки применяются полимерные полупроницаемые мембраны, через которые под давлением проходят молекулы воды. Этот процесс очистки воды от загрязнений и примесей убирает до 99% веществ.

Стандартный вариант установки обратного осмоса для котельной – это корпус на раме, обязательно с насосом высокого давления для прогонки жидкости через полупроницаемую мембрану. В зависимости от необходимой производительности применяются насосы вплоть до 80 атмосфер.

Вода под давлением подается на фильтрующую мембрану, где происходит разделение потока на две составляющие:

1. Концентрат. Жидкость с растворенными и отфильтрованными веществами, которая сливается в дренаж.
2. Пермеат. Очищенная и обессоленная вода

Цель обратного осмоса – получить жидкость заданных параметров. Задачи в зависимости от качества источника бывают следующие:

- Опреснение.
- Снижение содержания солей.
- Дезинфекция.

В зависимости от задач очистки, в специальной программе проводятся расчеты, и выбирается фильтрующая полупроницаемая мембрана.

Обратный осмос – универсальный метод, который может применяться на любом предприятии, где необходима глубокая очистка. Установки обратного осмоса отличаются по уровню производительности – от 0,25 м³ и выше.



Промышленная установка обратного осмоса

Какие проблемы решает обратный осмос.

Обратноосмотические фильтры убирают практически все загрязнения – нитраты, сульфаты, хлориды, сухой остаток, мутность, красители. То есть установка проводит тонкую очистку и дезинфицирует воду.

Главная проблема, которая решается с помощью обратноосмотических фильтров – удаление солей. Такая установка опресняет и умягчает воду. Ведь большое содержание солей вредно для котельной – они оседают на нагревательных элементах и стенках агрегатов, что может стать причиной поломок.

У каждого котла в техническом паспорте прописан свой стандарт жесткости воды. Обычно достаточным уровнем умягчения считаются показатели до 0,02 мг-экв/л.

Как обслуживать установку.

Необходимо примерно раз в квартал промывать фильтрующие мембраны специальными химическими реагентами. Замена полупроницаемых мембран проводится раз в 2–3 года.

Это необходимо для минимизации потерь воды – нормально настроенная установка сливает 20–40 % исходной жидкости в виде концентрата в канализацию.

Если фильтры неправильно обслуживаются, то сброс может вырасти до 50–60 %.

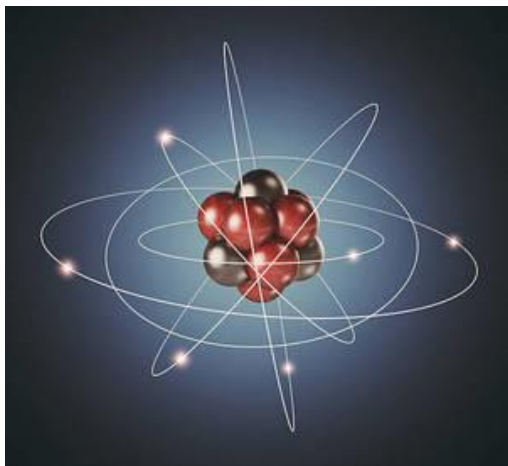
Если мембраны забились, то производительность установки падает на 15–20 % и более процентов.

Если в исходной воде повышенное содержание солей, то для снижения образования осадка используется специальный реагент – антискалант (например, марки «Аминат К», «Экотрит», «Ависта» и другие). Этот способ защищает мембраны и снижает их износ.

2. Основы электротехники

Тема 1. Электричество.

В конце XVIII века французский ученый Шарль Кулон стал активно исследовать электрические и магнитные явления веществ. Именно он открыл закон электрического заряда, который и назвали в честь него, — кулон.



Сегодня известно, что любое вещество состоит из атомов и вращающихся вокруг них электронов по орбитали. Однако в некоторых веществах электроны удерживаются атомами очень крепко, а в других эта связь слабая, что позволяет электронам свободно отрываться от одних атомов и прикрепляться к другим.

Для понимания, что это такое, можно представить большой город с огромным количеством машин, которые движутся без каких-либо правил. Эти машины движутся хаотично и не могут совершать полезную работу. К счастью, электроны не разбиваются, а отскакивают друг от друга, как мячики. Чтобы получить пользу от этих маленьких тружеников, **необходимо выполнить три условия:**

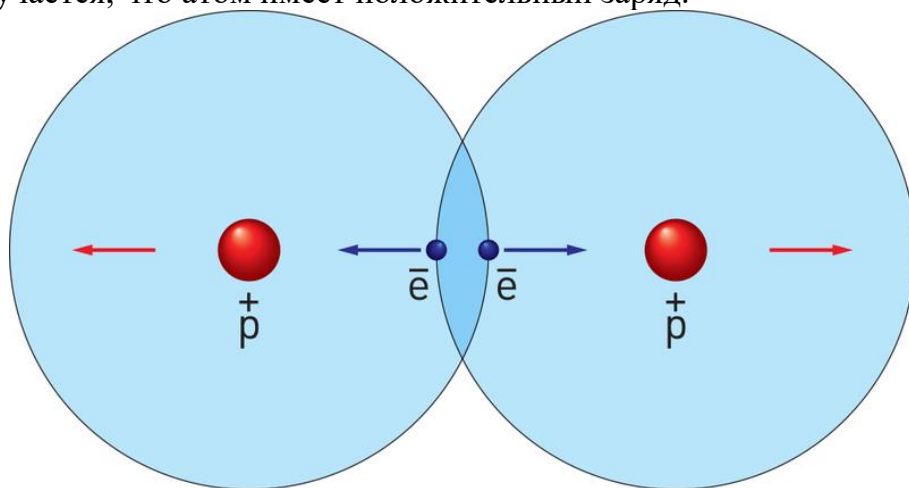
1. Атомы вещества должны свободно отдавать свои электроны.
2. К этому веществу необходимо приложить силу, которая заставит двигаться электроны в одном направлении.
3. Цепь, по которой движутся заряженные частицы, должна быть замкнутой.

Именно соблюдение этих трех условий и лежит в основе электротехники

Тема 2. Создание гальванического элемента.

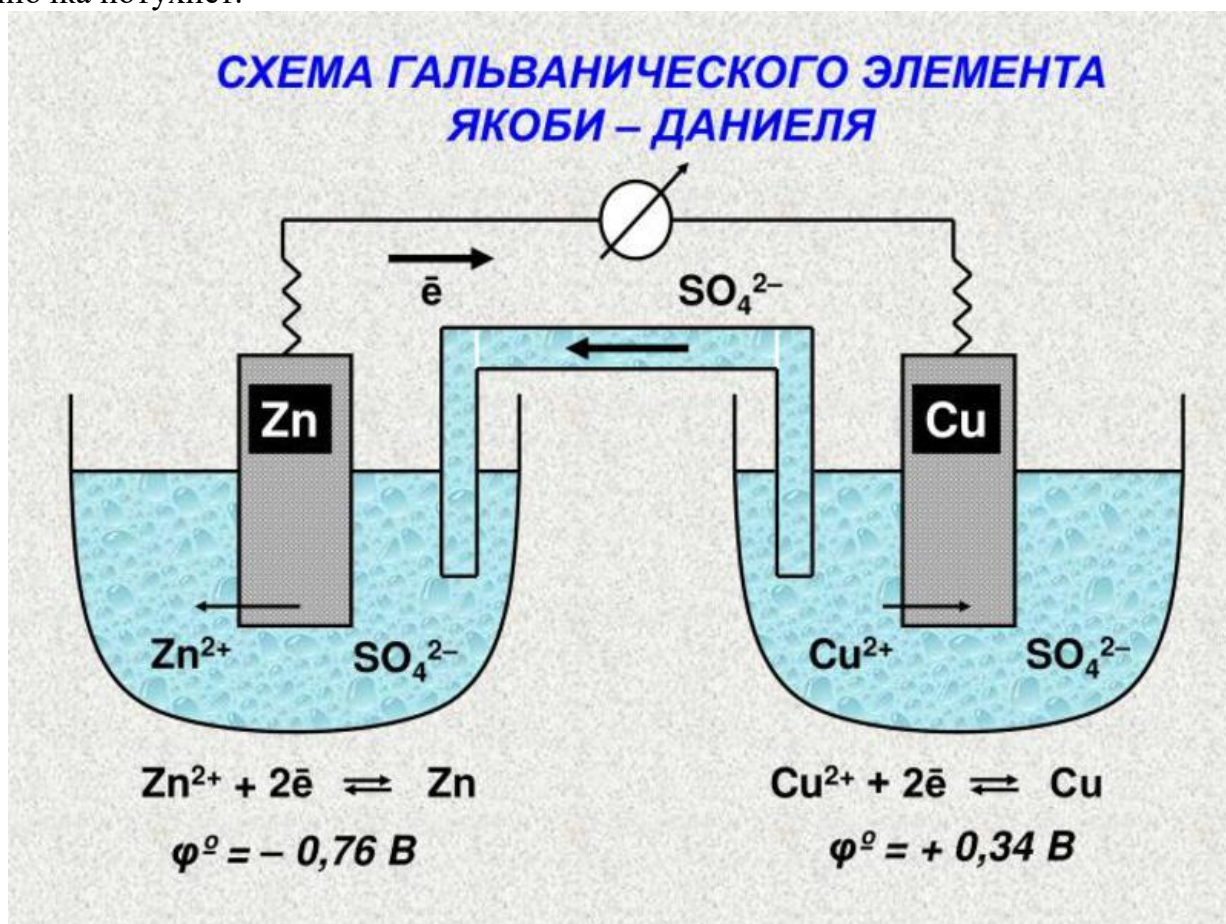
Все элементы состоят из атомов. Атомы можно сравнить с Солнечной системой, только у каждой системы свое количество орбит, и на каждой орбите может находиться сразу несколько планет (электронов). Чем дальше орбита находится от ядра, тем меньшее притяжение испытывают на себе электроны, находящиеся на этой орбите.

Притяжение зависит не от массы ядра, а **от разной полярности ядра и электронов**. Если ядро имеет заряд $+10$ единиц, электроны в общей сложности тоже должны иметь 10 единиц, но отрицательного заряда. Если электрон с внешней орбиты улетит, то суммарная энергия электронов будет уже -9 единиц. Простой пример на сложение $+10 + (-9) = +1$. Получается, что атом имеет положительный заряд.



Бывает и наоборот: ядро имеет сильное притяжение и захватывает «чужой» электрон. Тогда на его внешней орбите появляется «лишний», 11-й электрон. Тот же пример $+10 + (-11) = -1$. В этом случае атом будет отрицательно заряжен.

Если в электролит опустить два материала, обладающих противоположным зарядом, и к ним подключить через проводник, например, лампочку, то в замкнутой цепи потечет ток, и лампочка загорится. Если цепь разорвать, к примеру, через выключатель, то лампочка потухнет.



Электрический ток получается следующим образом. При воздействии электролита на один из материалов (электрод) в нем возникает избыток электронов, и он становится отрицательно заряженным. Второй электрод, наоборот, при действии электролита отдает электроны и становится положительно заряженным. Каждый электрод соответственно обозначается «+» (избыток электронов) и «-» (нехватка электронов).

Хотя электроны имеют отрицательный заряд, но электрод отмечают «+». Эта путаница произошла на заре электротехники. В то время считали, что перенос заряда происходит положительными частицами. С тех пор было составлено множество схем, и чтобы их не переделывать, оставили все как есть.

В гальванических элементах электрический ток образуется в результате химической реакции. Объединение нескольких элементов называют батареей, такое правило можно найти в электротехнике для «чайников». Если возможен обратный процесс, когда под действием электрического тока в элементе накапливается химическая энергия, то такой элемент называют аккумулятором.

Гальванический элемент изобрел Алессандро Вольта в 1800 году. Он использовал медные и цинковые пластины, опущенные в раствор соли. Это стало прообразом современных аккумуляторов и батарей.

Тема 3. Виды и характеристики тока.

После получения первого электричества появилась идея передавать эту энергию на некоторое расстояние, и здесь возникли трудности. Оказывается, электроны, проходя через проводник, теряют часть своей энергии, и чем длиннее проводник, тем больше эти потери. В 1826 году Георг Ом установил закон, отслеживающий взаимоотношение между напряжением, током и сопротивлением. Читается он следующим образом: $U=RI$. Если словами, то получается: **напряжение равно произведению силы тока на сопротивление проводника.**

Характеристики электрического тока:	
• Сила тока	$I=q/t$ [A]
• Работа тока	
• Напряжение	$U=A/q$ [B]
• Мощность тока	$P=IU$ [Bт]

Из уравнения видно, что чем длиннее проводник, который увеличивает сопротивление, тем меньше будет ток и напряжение, следовательно, уменьшится мощность. Устранить сопротивление невозможно, для этого нужно понизить температуру проводника до абсолютного нуля, что осуществимо лишь в лабораторных условиях. Ток необходим для мощности, поэтому его трогать тоже нельзя, остается только повысить напряжение.

Для конца XIX века это была непреодолимая проблема. Ведь в то время не было ни электростанций, вырабатывающих переменный ток, ни трансформаторов. Поэтому инженеры и ученые устремили свой взор на радио, правда, оно сильно отличалось от современного беспроводного. Правительство разных стран не видело выгоды от этих разработок и не спонсировало такие проекты.

Чтобы можно было трансформировать напряжение, увеличивать или уменьшать его, необходим переменный ток. Как это работает, можно увидеть из следующего примера. Если провод свернуть в катушку и внутри неё быстро перемещать магнит, то в катушке возникнет переменный ток. В этом можно убедиться, подключив к концам катушки вольтметр с нулевой отметкой посередине. Стрелка прибора будет отклоняться влево и вправо, это будет свидетельствовать о том, что электроны движутся то в одном направлении, то в другом.

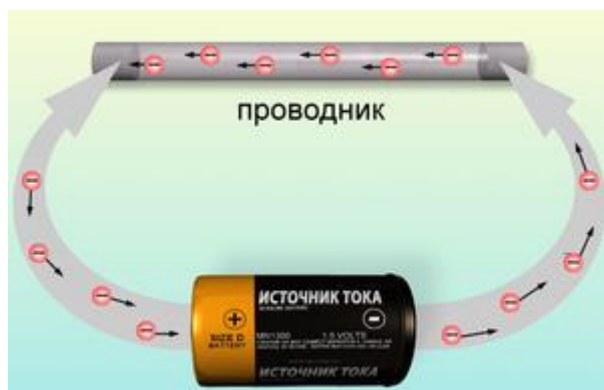
Такой способ получения электроэнергии называется магнитная индукция. Его используют, например, в генераторах и трансформаторах, получая и изменяя ток. По своей форме **переменный ток может быть:**

- синусоидальным;
- импульсным;
- выпрямленным.

Тема 4. Типы проводников.

Первое, что влияет на электрический ток — это проводимость материала. Такая проводимость у разных материалов разная. **Условно все вещества можно разделить на три вида:**

- проводник;
- полупроводник;
- диэлектрик.



Проводником может быть любое вещество, свободно пропускающее через себя электрический ток. К ним относятся такие твердые материалы, как, например, металл или полуметалл (графит). Жидкие — ртуть, расплавленные металлы, электролиты. А также сюда входят ионизированные газы.

Исходя из этого, **проводники делят на два типа проводимости:**

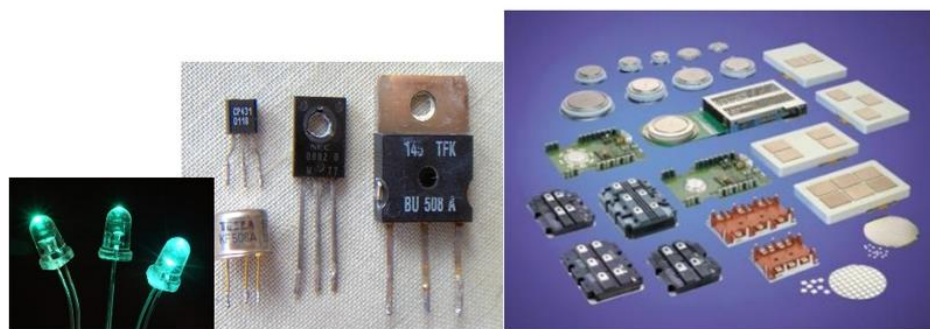
- электронный;
- ионный.

К электронной проводимости относятся все материалы и вещества, в которых для создания электрического тока используются электроны. К таким элементам относятся металлы и полуметаллы. Хорошо проводит ток и углерод.

В ионной проводимости эту роль выполняет частица, имеющая положительный или отрицательный заряд. Ион — это частица с недостающим или лишним электроном. Одни ионы не прочь захватить «лишний» электрон, а другие не дорожат электронами и поэтому свободно их отдают.

В соответствии с этим такие частицы могут быть отрицательно заряженными и положительно заряженными. Примером служит соленая вода. Основным веществом является дистиллированная вода, которая является изолятором и не проводит ток. При добавлении соли она становится электролитом, то есть проводником.

Полупроводники в обычном состоянии не проводят ток, но при внешнем воздействии (температура, давление, свет и подобное) они начинают пропускать ток, хотя и не так хорошо, как проводники.



Все остальные материалы, не вошедшие в первые два вида, относятся к диэлектрикам или изоляторам. Они в обычных условиях практически не проводят электрический ток. Это объясняется тем, что на внешней орбите электроны очень прочно держатся на своих местах, а места для других электронов нет.

Проводники, в первую очередь, используются для соединения элементов схемы (в том числе в микросхемах). Могут присоединять источник питания к нагрузке (это, например, шнур от холодильника, электропроводка и т. д.). Применяются при изготовлении катушек, которые, в свою очередь, могут использоваться в неизменном виде, например, на печатных платах либо в трансформаторах, генераторах, электродвигателях и т. п.

Проводники наиболее многочисленны и многообразны. Почти все радиодетали изготавливаются из них. Для получения варистора, например, может использоваться один полупроводник (карбид кремния или оксид цинка). Есть детали, в состав которых входят проводники разных типов проводимости, например, диоды, стабилитроны, транзисторы.

Особую нишу занимают биметаллы. **Это соединение двух или более металлов**, у которых разная степень расширения. Когда такая деталь нагревается, то она деформируется, благодаря разному процентному расширению. Обычно используется в токовой защите, например, для защиты электродвигателя от перегрева или отключения прибора по достижению заданной температуры, как в утюге.

Диэлектрики в основном выполняют функцию защиты (например, изоляционные ручки электроинструментов). Также они позволяют изолировать элементы электрической схемы. Печатная плата, на которой крепятся радиодетали, изготавливается из диэлектрика. Провода катушки покрываются изоляционным лаком для предотвращения замыкания между витками.

Тема 5. Меры безопасности.

Диэлектрик при добавлении проводника становится полупроводником и может проводить ток. Тот же самый воздух становится проводником во время грозы. Сухое дерево плохо проводит ток, но если его намочить, оно уже не будет безопасным.

Электрический ток играет огромную роль в жизни современного человека, но, с другой стороны, может представлять смертельную опасность. Обнаружить его, например, в проводе, лежащем на земле, очень трудно, для этого нужны специальные приборы и знания. Поэтому при пользовании электрическими приборами нужно соблюдать предельную осторожность.

Человеческое тело состоит преимущественно из воды, но это не дистиллированная вода, которая является диэлектриком. Поэтому для электричества тело становится почти проводником. Получив электрический удар, мышцы сокращаются, что может привести к остановке сердца и дыхания. При дальнейшем действии тока кровь начинает закипать, затем происходит иссушение тела и, наконец, обугливание тканей. Первое, что нужно сделать, — прекратить действие тока, при необходимости оказать первую помощь и вызвать медиков.

В природе образуется статическое напряжение, но оно чаще всего не представляет опасности для человека, за исключением молнии. Зато оно может быть опасно для электронных схем или деталей. Поэтому при работе с микросхемами и полевыми транзисторами пользуются заземленными браслетами.

3. Основы механики

Любое физическое явление или процесс в окружающем нас материальном мире представляет собой закономерный ряд изменений, происходящих во времени и пространстве. Механическое движение, то есть изменение положения данного тела (или его частей) относительно других тел, – это простейший вид физического процесса. Механическое движение тел изучается в разделе физики, который называется механикой. Основная задача механики – определить положение тела в любой момент времени.

Одна из основных частей механики, которая называется **кинематикой**, рассматривает движение тел без выяснения причин этого движения. Кинематика отвечает на вопрос: как движется тело?

Механика – одна из самых древних наук. Определенные познания в этой области были известны задолго до новой эры (Аристотель (IV век до н. э.), Архимед (III в. до н.э.)). Однако, качественная формулировка законов механики началась только в XVII веке н. э., когда Г. Галилей открыл кинематический закон сложения скоростей и установил законы свободного падения тел. Через несколько десятилетий после Галилея великий И. Ньютон (1643–1727) сформулировал основные законы динамики.

В механике Ньютона движение тел рассматривается при скоростях, много меньше скорости света в пустоте. Ее называют **классической** или **ньютоновской** механикой в отличие от релятивистской механики, созданной в начале XX века главным образом благодаря работам А. Эйнштейна (1879–1956).

В релятивистской механике движение тел рассматривается при скоростях, близких к скорости света. Классическая механика Ньютона является предельным случаем релятивистской при $v \ll c$.

Тема 1. Основы кинематики

Кинематикой называют раздел механики, в котором движение тел рассматривается без выяснения причин, его вызывающих.

Механическим движением тела называют изменение его положения в пространстве относительно других тел с течением времени.

Механическое движение относительно. Движение одного и того же тела относительно разных тел оказывается различным. Для описания движения тела нужно

указать, по отношению к какому телу рассматривается движение. Это тело называют телом отсчета.

Система координат, связанная с телом отсчета, и часы для отсчета времени образуют систему отсчета, позволяющую определять положение движущегося тела в любой момент времени.

В Международной системе единиц (СИ) за единицу длины принят метр, а за единицу времени – секунда.

Всякое тело имеет определенные размеры. Различные части тела находятся в разных местах пространства. Однако, во многих задачах механики нет необходимости указывать положения отдельных частей тела. Если размеры тела малы по сравнению с расстояниями до других тел, то данное тело можно считать его материальной точкой. Так можно поступать, например, при изучении движения планет вокруг Солнца.

Если все части тела движутся одинаково, то такое движение называется поступательным. Поступательно движутся, например, кабины в аттракционе «Колесо обозрения», автомобиль на прямолинейном участке пути и т.д. При поступательном движении тела его также можно рассматривать как материальную точку.

Тело, размерами которого в данных условиях можно пренебречь, называется материальной точкой.

Понятие материальной точки играет важную роль в механике.

Перемещаясь с течением времени из одной точки в другую, тело (материальная точка) описывает некоторую линию, которую называют траекторией движения тела.

Положение материальной точки в пространстве в любой момент времени (закон движения) можно определять либо с помощью зависимости координат от времени $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$.

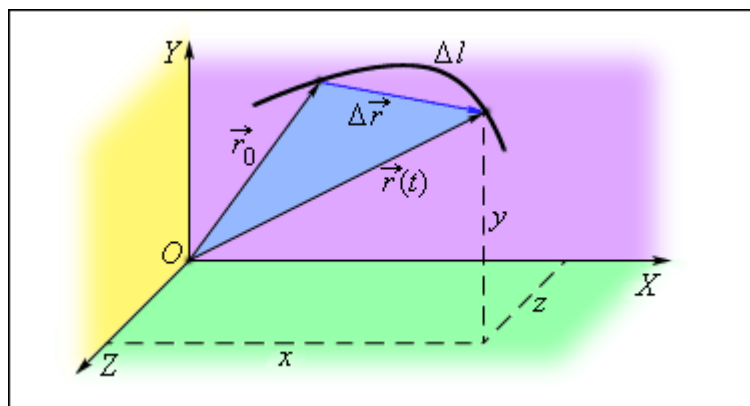


Рис. Определение положения точки с помощью координат $x = x(t)$, $y = y(t)$ и $z = z(t)$ и радиус-вектора. – радиус-вектор положения точки в начальный момент времени

Перемещением тела называют направленный отрезок прямой, соединяющий начальное положение тела с его последующим положением. Перемещение есть векторная величина.

Пройденный путь l равен длине дуги траектории, пройденной телом за некоторое время t . Путь – скалярная величина.

Если движение тела рассматривать в течение достаточно короткого промежутка времени, то вектор перемещения окажется направленным по касательной к траектории в данной точке, а его длина будет равна пройденному пути.

Для характеристики движения вводится понятие **средней скорости**:

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}.$$

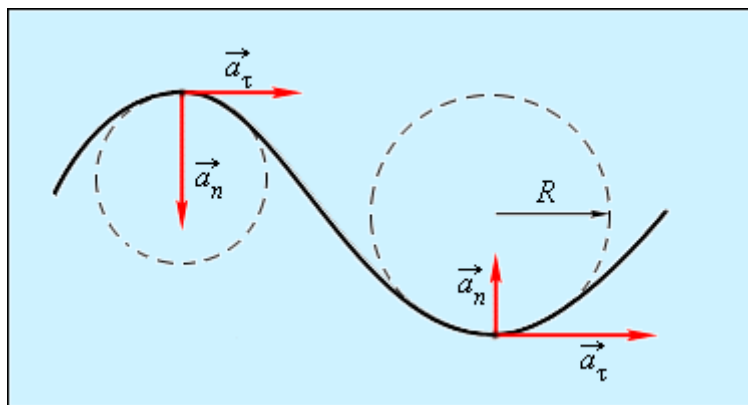


Рис. Движение по дугам окружностей

Нормальное ускорение зависит от модуля скорости v и от радиуса R окружности, по дуге которой тело движется в данный момент.

Таким образом, основными физическими величинами в кинематике материальной точки являются пройденный путь, перемещение, скорость и ускорение. Путь является скалярной величиной. Перемещение, скорость и ускорение – величины векторные. Чтобы задать векторную величину, нужно задать ее модуль и указать направление. Векторные величины подчиняются определенным математическим правилам. Вектора можно проектировать на координатные оси, их можно складывать, вычитать и т. д.

Тема 2. Основы статики.

Статикой называется раздел механики, изучающий условия равновесия тел. **Равновесием** называют такое состояние тела или системы тел, в котором оно не движется в данной системе отсчета. **Различают три вида равновесия:**

- **Устойчивое равновесие.** Если систему вывести из состояния устойчивого равновесия, то она самопроизвольно в него вернется, то есть при выведении из положения равновесия возникает сила, возвращающая систему к равновесию. Для этого необходимо, чтобы потенциальная энергия системы в состоянии устойчивого равновесия имела минимальное значение. Любая физическая система стремится к состоянию устойчивого равновесия. Это значит, что любой самопроизвольный процесс всегда проходит с уменьшением потенциальной энергии.

- **Неустойчивое равновесие.** В данном случае при выведении из состояния равновесия возникают силы, уводящие систему от равновесия, и система самопроизвольно не может в него вернуться. В состоянии неустойчивого равновесия потенциальная энергия системы имеет максимальное значение.

- **Безразличное равновесие.** При выведении из состояния равновесия в системе не возникает ни возвращающих, ни уводящих в сторону сил.

Из второго закона Ньютона следует, что если геометрическая сумма всех внешних сил, приложенных к невращающемуся телу, равна нулю, то тело находится в состоянии покоя или совершает равномерное прямолинейное движение (действительно, ведь

ускорение тела при этом равно нулю). В этом случае принято говорить, что силы, приложенные к телу, уравнивают друг друга. При вычислении равнодействующей силы все силы, действующие на тело, можно прикладывать к центру масс. Центр масс (или центр тяжести) – точка к которой приложена сила тяжести, действующая на тело.

Чтобы невращающееся тело находилось в равновесии, необходимо, чтобы равнодействующая всех сил, приложенных к телу, была равна нулю. Иными словами, векторная сумма всех сил, приложенных к телу должна быть равна нулю:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = 0$$

Момент силы. Правило моментов.

Если тело может вращаться относительно некоторой оси, то для его равновесия недостаточно равенства нулю равнодействующей всех сил. Вращающее действие силы зависит не только от ее величины, но и от расстояния между линией действия силы и осью вращения. Длина перпендикуляра, проведенного от оси вращения до линии действия силы, называется **плечом силы**.

Для описания причин вызывающих вращения и условия равновесия тела в статике вводится новое понятие - момент силы. Произведение модуля силы F на плечо d и называется **моментом силы** M . Таким образом момент силы в статике вычисляется по формуле:

$$M = \pm Fd$$

Обычно в физике используется следующее правило знаков: если сила поворачивает тело по часовой стрелке, то ее момент считается положительным, а если против – то отрицательным. Момент силы может и равняться нулю, если сила проходит (сама или продолжением) через ось. Обратите внимание: если Вы перепутаете, и возьмете знаки моментов наоборот (по часовой стрелке со знаком минус, а против часовой со знаком плюс), то ничего страшного не произойдет. Поэтому, важно запомнить, что моменты сил, вращающих тело в различных направлениях относительно часовой стрелки, берутся с различными знаками.

Обратите внимание, что момент силы зависит не только от величины силы, но и от ее плеча. Следовательно, одно и то же значение момента можно получить двумя способами: взять большую силу и малое плечо или взять малую силу и большое плечо. Вывод: чем больше плечо, тем меньшую силу необходимо прилагать для получения одного и того же результата.

Правило моментов: тело, имеющее неподвижную ось вращения, находится в равновесии, если алгебраическая сумма моментов всех приложенных к телу сил относительно этой оси равна нулю:

$$M_1 + M_2 + M_3 + \dots = 0$$
$$\sum M = 0$$

При записи этого условия в ходе решения конкретной задачи по статике моменты сил необходимо записывать с учётом их знаков. В Международной системе единиц (СИ) моменты сил измеряются в ньютон-метрах (Н·м).

Рычаги и блоки

Как вы знаете из практики, иногда необходимо изменить направление силы, увеличить или уменьшить ее величину. Этой цели служат простые механизмы: устройства, преобразующие величину или направление силы с помощью механических

явлений. Для всех простых механизмов справедливо **золотое правило механики: выиграл в силе – проиграл в перемещении (или наоборот)**. Это значит, что при увеличении силы за счет некоторого механизма неизбежно будет уменьшено и перемещение. Рассмотрим основные типы простых механизмов изучаемых в школьной физике:

- **Равноплечий рычаг (весы).** Рычаг, ось вращения которого проходит через его геометрический центр.

- **Неравноплечий рычаг.** Рычаг ось вращения которого проходит через произвольную точку.

- **Неподвижный блок.** Это диск с закрепленной осью, через который переброшена нить. Неподвижный блок используется для изменения направления приложения силы. Если трение в блоке отсутствует, нить невесома, то сила ее натяжения до и после блока не изменяется. Таким образом, неподвижный блок не дает ни выигрыша в силе, ни проигрыша в перемещении.

- **Подвижный блок.** Это диск, ось которого может двигаться поступательно. Подвижный блок позволяет уменьшить силу в два раза, одновременно с этим вдвое увеличивая перемещение.

- **Наклонная плоскость.** Это устройство применяется для поднятия тяжестей. При достаточно малых значениях угла наклона и небольшом коэффициенте трения сила, которую необходимо приложить чтобы поднимать некоторое тело вдоль наклонной плоскости может быть значительно меньше веса тела. Таким образом, подъем становится легче. Естественно, при этом в полном соответствии с «золотым правилом» увеличивается перемещение тела.

Центр тяжести тела

Центр масс (или центр тяжести) – точка к которой приложена сила тяжести, действующая на тело. В общем случае центр тяжести может и не лежать внутри тела, а выходить за его пределы (например, различные изогнутые длинные предметы, кольца, полукольца и так далее).

Рассмотрим основные методы определения положения центра масс тел для некоторых конкретных случаев, возникающих при решении задач по статике:

- У однородных тел правильной формы (шары, прямоугольники, стержни) центр тяжести совпадает с геометрическим центром. Следует запомнить, что центр тяжести однородной треугольной пластины лежит в точке пересечения ее медиан. Для однородных симметричных тел центр тяжести всегда расположен на оси симметрии.

- Определение положения центра тяжести системы из двух тел с известными центрами тяжести. Здесь можно использовать замечательное свойство центра тяжести. Подперев центр тяжести, мы обеспечим равновесие тела. Таким образом, центр тяжести системы из двух тел лежит на отрезке, соединяющем их центры тяжести, и делит его в отношении, обратном отношению масс тел:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

где: l_1 – расстояние от центра масс до тела с массой m_1 , а l_2 – до тела с массой m_2 .

- Определение положения центра тяжести любой системы тел с известными положениями центров тяжести. Необходимо ввести систему координат (естественно, начало координат выбрать в точке, относительно которой необходимо рассчитать

положение центра тяжести), определить в ней координаты центров тяжести всех тел и найти координаты центра тяжести системы по формуле:

$$x = \frac{x_1 m_1 + x_2 m_2 + x_3 m_3 + \dots}{m_1 + m_2 + m_3 + \dots}$$

Аналогичные уравнения получаются для остальных координатных осей, если таковые необходимо рассматривать в задаче (просто переменная x меняется на y или z соответственно).

- Однородное тело правильной формы с вырезом правильной формы. Проще всего свести задачу к обратной: мысленно вставить вырез обратно и получить тело правильной формы с известным положением центра тяжести. Далее представить его в виде двух тел: страшного с вырезом и самого выреза. А теперь все просто. У одного из тел (выреза) мы знаем положения центра тяжести. У другого – нет. Зато знаем положение центра тяжести системы двух тел. Составив уравнение для определения общего центра тяжести получим выражение с одной неизвестной – центром тяжести тела с вырезом. Решив уравнение получим искомый ответ.

- Теорема Паппа. Применяется для определения положения центра тяжести плоской пластины, которая при вращении вокруг некоторой оси образует тело с легко вычисляемым объемом. Необходимо мысленно повернуть пластину на один оборот, нарисовать рисунок и применить теорему:

Формулировка теоремы: объем тела, полученного при вращении пластины, равен произведению ее площади на путь, пройденный центром тяжести при вращении:

$$V_{\text{тела вращения}} = S_{\text{пластины}} \cdot L_{\text{центра масс}}$$

Тема 3. Основы динамики.

Если в кинематике только описывается движение тел, то в динамике изучаются причины этого движения под действием сил, действующих на тело.

Динамика – раздел механики, который изучает взаимодействия тел, причины возникновения движения и тип возникающего движения. Взаимодействие – процесс, в ходе которого тела оказывают взаимное действие друг на друга. В физике все взаимодействия обязательно парные. Это значит, что тела взаимодействуют друг с другом парами. То есть всякое действие обязательно порождает противодействие.

Сила – это количественная мера интенсивности взаимодействия тел. Сила является причиной изменения скорости тела целиком или его частей (деформации). Сила является векторной величиной. Прямая, вдоль которой направлена сила, называется линией действия силы. Сила характеризуется тремя параметрами: точкой приложения, модулем (численным значением) и направлением. В Международной системе единиц (СИ) сила измеряется в Ньютонах (Н). Для измерения сил используют откалиброванные пружины. Такие откалиброванные пружины называются динамометрами. Сила измеряется по растяжению динамометра.

Сила, оказываемая на тело такое же действие, как и все силы, действующие на него, вместе взятые, называется равнодействующей силой. Она равна векторной сумме всех сил, действующих на тело:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots$$

Чтобы найти векторную сумму нескольких сил нужно выполнить чертеж, где правильно нарисовать все силы и их векторную сумму, и по данному чертежу с

использованием знаний из геометрии (в основном это теорема Пифагора и теорема косинусов) найти длину результирующего вектора.

Виды сил:

1. Сила тяжести. Приложена к центру масс тела и направлена вертикально вниз (или что тоже самое: перпендикулярно линии горизонта), и равна:

$$F = mg$$

где: g - ускорение свободного падения, m - масса тела. Не перепутайте: сила тяжести перпендикулярна именно горизонту, а не поверхности на которой лежит тело. Таким образом, если тело лежит на наклонной поверхности, сила тяжести по-прежнему будет направлена строго вниз.

2. Сила трения. Приложена к поверхности соприкосновения тела с опорой и направлена по касательной к ней в сторону противоположную той, куда тянут, или пытаются тянуть тело другие силы.

3. Сила вязкого трения (сила сопротивления среды). Возникает при движении тела в жидкости или газе и направлена против скорости движения.

4. Сила реакции опоры. Действует на тело со стороны опоры и направлена перпендикулярно опоре от нее. Когда тело опирается на угол, то сила реакции опоры направлена перпендикулярно поверхности тела.

5. Сила натяжения нити. Направлена вдоль нити от тела.

6. Сила упругости. Возникает при деформации тела и направлена против деформации.

Обратите внимание и отметьте для себя очевидный факт: если тело находится в покое, то равнодействующая сил равна нулю.

Проекции сил

В большинстве задач по динамике на тело действует больше чем одна сила. Для того чтобы найти равнодействующую всех сил в этом случае можно пользоваться следующим алгоритмом:

1. Найдем проекции всех сил на ось OX и просуммируем их с учетом их знаков. Так получим проекцию равнодействующей силы на ось OX .

2. Найдем проекции всех сил на ось OY и просуммируем их с учетом их знаков. Так получим проекцию равнодействующей силы на ось OY .

3. Результирующая всех сил будет находится по формуле (теореме Пифагора):

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

При этом, обратите особое внимание на то, что:

1. Если сила перпендикулярна одной из осей, то проекция именно на эту ось будет равна нулю.

2. Если при проецировании силы на одну из осей «всплывает» синус угла, то при проецировании этой же силы на другую ось всегда будет косинус (того же угла). Запомнить при проецировании на какую ось будет синус или косинус легко. Если угол прилежит к проекции, то при проецировании силы на эту ось будет косинус.

3. Если сила направлена в ту же сторону что и ось, то ее проекция на эту ось будет положительной, а если сила направлена в противоположную оси сторону, то ее проекция на эту ось будет отрицательной.

Законы Ньютона.

Законы динамики, описывающие влияние различных взаимодействий на движение тел, были в одной из своих простейших форм, впервые четко и ясно сформулированы Исааком Ньютоном в книге «Математические начала натуральной философии» (1687

год), поэтому эти законы также называют Законами Ньютона. Ньютонская формулировка законов движения справедлива только в **инерциальных системах отсчета (ИСО)**. ИСО – система отсчета, связанная с телом, движущимся по инерции (равномерно и прямолинейно).

Первый закон Ньютона (или закон инерции).

Формулировка: В ИСО, если на тело не действуют никакие силы или действие сил скомпенсировано (то есть равнодействующая сил равна нулю), то тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.

Свойство тел сохранять свою скорость при отсутствии действия на него других тел называется инерцией. Поэтому первый закон Ньютона называют законом инерции. Итак, причиной изменения скорости движения тела целиком или его частей всегда является его взаимодействие с другими телами. Для количественного описания изменения движения тела под воздействием других тел необходимо ввести новую величину – массу тела.

Масса – это свойство тела, характеризующее его инертность (способность сохранять скорость постоянной). В Международной системе единиц (СИ) масса тела измеряется в килограммах (кг). Масса тела – скалярная величина. Масса также является мерой количества вещества:

$$m = \rho V$$

Второй закон Ньютона – основной закон динамики.

Приступая к формулировке второго закона, следует вспомнить, что в динамике вводятся две новые физические величины – масса тела и сила. Первая из этих величин – масса – является количественной характеристикой инертных свойств тела. Она показывает, как тело реагирует на внешнее воздействие. Вторая – сила – является количественной мерой действия одного тела на другое.

Формулировка: Ускорение, приобретаемое телом в ИСО, прямо пропорционально равнодействующей всех сил, действующих на тело, и обратно пропорционально массе этого тела:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Однако при решении задач по динамике второй закон Ньютона целесообразно записывать в виде:

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

Если на тело одновременно действуют несколько сил, то под силой в формуле, выражающей второй закон Ньютона, нужно понимать равнодействующую всех сил. Если равнодействующая сила равна нулю, то тело будет оставаться в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, т.к. ускорение будет нулевым (первый закон Ньютона).

Третий закон Ньютона.

Формулировка: В ИСО тела действуют друг на друга с силами, равными по модулю и противоположными по направлению, лежащими на одной прямой и имеющими одну физическую природу:

$$\vec{F}_{1-2} = -\vec{F}_{2-1}$$

Эти силы приложены к разным телам и поэтому не могут уравновешивать друг друга. Обратите внимание, что складывать можно только силы, которые одновременно действуют на одно из тел. При взаимодействии двух тел возникают силы, равные по величине и противоположные по направлению, но складывать их нельзя, т.к. приложены они к разным телам.

Сила упругости.

Деформацией называют любое изменение формы или размеров тела. Упругими называют такие деформации, при которых тело полностью восстанавливает свою форму после прекращения действия деформирующей силы. Например, после того, как груз сняли с пружины, её длина в недеформированном состоянии не изменилась. При упругой деформации тела возникает сила, которая стремится восстановить прежние размеры и форму тела. Ее называют силой упругости. Простейшим видом деформации является деформация одностороннего растяжения или сжатия.

При малых деформациях модуль силы упругости пропорционален деформации тела. При этом сила упругости направлена в сторону, противоположную направлению перемещения частиц тела при деформации, и может быть рассчитана по формуле:

$$F_{\text{упр}} = kx$$

где: k – жесткость тела, x – величина растяжения (или сжатия, другими словами: деформации тела), она равна модулю разности между конечной и начальной длиной деформируемого тела.

Утверждение о пропорциональности силы упругости и деформации называют **законом Гука**. В технике часто применяются спиралеобразные пружины. При растяжении или сжатии пружин возникают упругие силы, которые также подчиняются закону Гука. Коэффициент k называют жесткостью пружины. В пределах применимости закона Гука пружины способны сильно изменять свою длину. Поэтому их часто используют для измерения сил. Пружину, растяжение которой проградуировано в единицах силы, называют динамометром.

Вес тела.

Силу тяжести, с которой тела притягиваются к Земле, нужно отличать от веса тела. Понятие веса широко используется в повседневной жизни в неправильном смысле, под весом подразумевается масса, однако это не так.

Весом тела называют силу, с которой тело действует на опору или подвес. Вес – сила, которая, как и все силы, измеряется в ньютонах (а не в килограммах), и обозначается P . При этом предполагается, что тело неподвижно относительно опоры или подвеса. Согласно третьему закону Ньютона вес зачастую равен либо силе реакции опоры (если тело лежит на опоре), либо силе натяжения нити или силе упругости пружины (если тело висит на нити или пружине). Сразу оговоримся - вес не всегда равен силе тяжести.

Невесомость – это состояние, которое наступает, когда вес тела равен нулю. В этом состоянии тело не действует на опору, а опора на тело.

Увеличение веса тела, вызванное ускоренным движением опоры или подвеса, называют перегрузкой. Перегрузка рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{P}{P_0}$$

где: P – вес тела, испытывающего перегрузку, P_0 – вес этого же тела в состоянии покоя. Перегрузка – безразмерная величина.

Сила трения.

Трение – один из видов взаимодействия тел. Оно возникает в области соприкосновения двух тел при их относительном движении или попытке вызвать такое движение. Трение, как и все другие виды взаимодействия, подчиняется третьему закону Ньютона: если на одно из тел действует сила трения, то такая же по модулю, но направленная в противоположную сторону сила действует и на второе тело.

Сухое трение, возникающее при относительном покое тел, называют трением покоя.

Если внешняя сила больше максимального значения силы трения, возникает относительное проскальзывание. Силу трения в этом случае называют **силой трения скольжения**. Она всегда направлена в сторону, противоположную направлению движения. Силу трения скольжения можно считать равной максимальной силе трения покоя.

4. Вода и топливо для котельных установок

Тема 1. Топливо и его сжигание.

Топливом называют вещество, выделяющее при горении теплоту, развивающую высокую температуру, не образующее токсичных веществ, имеющее широкое распространение в природе, добываемое доступными дешевыми способами. В народном хозяйстве топливо может быть использовано в том виде, в котором добывается (естественное), или после определенной переработки (искусственное). Основные виды топлива (твердое, жидкое, газообразное): естественное и искусственное. Естественное: ископаемые угли, горючие сланцы, торф, древесина, отходы сельского хозяйства, нефть, газы природные и сопутствующие при добыче нефти и других ископаемых. Искусственное: каменноугольный кокс, древесный уголь, торфяной кокс, полукокс, брикеты, пылевидное топливо, бензин, керосин, дизельное топливо, смолы сухой перегонки твердого топлива, бензол, спирты, светильный, коксовый, нефтяной, крекингový, доменный, генераторный, водяной, смешанные газы нефтеперерабатывающих заводов. В состав органической части топлива могут входить следующие элементы: углерод (C), водород (H), сера (S), кислород (O), азот (N). Основную массу теплоты выделяет углерод, несколько меньше - водород. Сера хотя и дает при сгорании небольшое количество теплоты, но образует оксиды, поэтому в любом виде топлива это нежелательная составляющая.

Классификация топлива по элементному составу.

Класс	Химический состав	Виды топлива
I	Углерод	Все виды кокса и древесный уголь
II	Углерод и водород	Нефть, нефтепродукты, газообразные углеводороды и др.
III	Углерод, водород и кислород	Древесина, торф, ископаемый уголь, брикеты, спирты, генераторный, смешанный, водяной газы

В каждом виде топлива, кроме основных элементов, в небольших количествах (доли процента) присутствуют и другие. Кроме внутреннего балласта, который входит в

состав органической части топлива (кислорода и азота), в большем или меньшем количестве содержится внешний балласт: минеральные примеси (М) и вода (W). При сгорании топлива вода испаряется, минеральные примеси частично разлагаются, а основная масса образует золу (А). Количество балласта в зависимости от вида топлива колеблется от тысячных, сотых долей до десятков процентов. Чем меньше его содержание, тем выше тепловая ценность. Балласт газообразного топлива - это негорючие газы: кислород (O_2), азот (N_2), углекислый газ (CO_2), серный ангидрид (SO_3), пары воды (H_2O).

Агрегатное состояние топлива.

Подсчитывая тепловую ценность и проводя различные тепловые расчеты, обычно рассматривают три агрегатных состояния: рабочую, сухую и горючую массы топлива. Рабочая масса - это та, которая поступает в топку котла или другой установки, Сухая масса топлива не содержит воды. Горючая масса - это топливо, не содержащее золы и воды. Обычно в справочных материалах приводят состав горючей массы. Сухая масса от рабочей отличается количеством воды, содержащейся в топливе. Все тепловые расчеты ведут на рабочую (реальную) массу топлива, но ее состав зависит от содержания воды и золы. Более стабилен состав сухого топлива, поэтому часто приходится прибегать к пересчетам с одной массы на другую. Пересчет с одной массы топлива на другую проводят с помощью коэффициентов.

Теплота сгорания (энергоемкость)

Теплотой сгорания (Q) называют количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании единицы массы (кг) жидкого и твердого топлива или единицы объема (м. куб.) газообразного топлива, измеряемых при постоянных давлении и температуре. Количество теплоты измеряют джоулями (Дж). Длительное время пользовались калориями (кал). Соотношение между ними: $1 \text{ кал} = 4,1867 \text{ Дж}$, $1 \text{ ккал} = 4,1867 \text{ кДж}$. Различают два понятия теплоты сгорания: высшую и низшую. Высшая теплота ($Q_{\text{ВЫСШ}}$) - это максимально возможное количество теплоты, полученное экспериментальным или расчетным способом, когда вода, содержащаяся в топливе, а также получаемая от сгорания водорода, находящегося в топливе, остается в капельно-жидком состоянии. Низшая теплота ($Q_{\text{НИЗШ}}$) меньше высшей на количество тепла, затраченного на испарение воды. Низшую теплоту сгорания подсчитывают по формулам. В производственных условиях и при эксплуатации техники пользуются значениями низшей (полезной) теплоты сгорания, т.к. исходят из того положения, что теплота на парообразование теряется безвозвратно.

Определение теплоты сгорания.

Точным методом определения теплоты сгорания является сжигание топлива в специальных приборах, называемых калориметрами. При экспериментальном определении теплоты сгорания основными являются три величины: 1) масса воды, участвующей в опыте; 2) температура, на которую нагрелась вода; 3) количество

сгоревшего топлива. Наиболее широкое распространение имеет установка, в которой топливо сжигают в калориметрической бомбе в среде сухого, сжатого под давлением до 2,5...3,0 МПа кислорода. Этот метод пригоден для всех твердых и многих видов жидкого топлива. Газообразные, а также легкоиспаряющиеся жидкие топлива (бензины) сжигают в установках (калориметрах) другой конструкции. Поскольку сжигают топливо в его рабочем состоянии, то и теплоту сгорания получают высшую на рабочую массу топлива. На основании экспериментальных данных высшую теплоту $Q_{\text{выш.}}$ (кДж/кг) подсчитывают по формуле. По приведенной формуле подсчитывают основное количество теплоты, полученной при сгорании единицы массы топлива. Для получения более точных результатов в формулу вносят поправку на радиацию (A_t - теплообмен между деталями прибора и окружающей средой). Экспериментальное определение теплоты сгорания трудоемко и сложно. Для его проведения требуются специальное оборудование и квалифицированные исполнители. Поэтому для многих расчетов пользуются разными эмпирическими формулами, точность которых $\pm 2...4 \%$.

Расчет теплоты сгорания.

В основу расчетных формул, предложенных многими авторами, положены данные по элементному составу и количеству кислорода воздуха, необходимого для полного сгорания топлива, или различные физикохимические характеристики топлива (температура выкипания, плотность, анилиновая точка, строение углеводородов и др.). Имеют распространение формулы, основанные на законе Гесса: теплота сгорания топлива равна разности между теплотой образования сжигаемого топлива и суммой теплот образования продуктов полного сгорания. Часто теплоту сгорания (кДж/кг) подсчитывают по элементному составу топлива. Для жидкого и твердого топлива: $Q_{\text{выш}} = 339 C + 1256 H - 109 (O - S)$; $Q_{\text{низ}} = 339 C + 1030 H - 109 (O - S) - 25,12 W$ В формулах коэффициенты при элементах показывают, какое количество теплоты они выделяют при полном сгорании. Состав топлива и влагу, когда она содержится, берут в процентах на рабочую массу топлива. Если состав топлива дан в единицах массы (кг), то значение коэффициентов будет в 100 раз больше.

Условное топливо.

Каждый вид топлива имеет разные состав, физические и химические свойства, а следовательно, и различную теплоту сгорания. Для удобства сравнения отдельных видов топлива, составления заявок, подсчета запасов, замены одного топлива другим установлен эталон. В качестве эталона принято условное топливо, теплота сгорания которого для твердого и жидкого состояний принята равной 29 307 кДж/кг, а газообразного - 29 307 кДж/м³. Различают два вида топливных эквивалентов: калорийный (Экал) и технический (Этех). Наиболее широкое распространение имеет калорийный эквивалент. При использовании различных видов топлива в котельных установках пользуются техническим эквивалентом (Этех). Значения калорийных эквивалентов для основных видов топлива известны.

Процесс горения.

Горением называют быстро протекающую реакцию, которая сопровождается выделением тепла и излучением света. Конечные продукты сгорания любого топлива - углекислый газ, вода и оксиды серы (если она содержится в топливе). Скорость сгорания пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ. По мере того как протекает реакция сгорания, концентрация реагирующих веществ снижается и скорость сгорания уменьшается. Сгорание топлива в двигателях, теплосиловых установках, генераторах, топках котлов и др. происходит за счет воспламенения и самовоспламенения. Температурой воспламенения называют ту, при которой нагреваемое вещество в смеси с воздухом воспламеняется при соприкосновении с открытым огнем. Температура самовоспламенения - это температура, при которой топливовоздушная смесь воспламеняется без постороннего источника огня. Эффективный процесс сгорания любого топлива может быть обеспечен только при правильном подсчете количества кислорода, которое необходимо для полного горения. В реальных условиях обеспечить полное сгорание всего топлива с расчетным (теоретически необходимым) количеством воздуха очень трудно. Поэтому на практике обычно подают некоторый избыток воздуха, а процесс горения осуществляют с действительным количеством воздуха ($L_{дейст}$), которое определяют расчетом по составу продуктов сгорания или непосредственным измерением подаваемого воздуха разными приборами (расходомеры, диафрагмы, сопла).

Коэффициент избытка воздуха – α .

Отношение действительно израсходованного количества воздуха к теоретически необходимому называют коэффициентом избытка воздуха. В зависимости от соотношения количества воздуха и топлива может быть несколько видов горючей смеси:

- 1) Если полное сгорание происходит с расчетным количеством воздуха, то коэффициент избытка воздуха - α равен единице, а смесь называют нормальной.
- 2) Когда α больше единицы - смесь бедная, а меньше единицы - богатая.
- 3) При значениях α , близких к единице, смесь обедненная или обогащенная. Режимная работа двигателя как на бедных, так и на богатых смесях невыгодна.

В первом случае горючая смесь разбавляется большим количеством инертного азота и лишним кислородом, скорость и температура горения снижаются, двигатель не развивает нужной мощности. Во втором - кислорода недостаточно, образуются продукты неполного сгорания топлива, увеличивается количество нагаров, двигатель дымит, расход топлива возрастает, а мощность снижается. Необходимо стремиться обеспечить полное сгорание топлива с возможно меньшим коэффициентом избытка воздуха. В производственных условиях часто не измеряют действительное количество воздуха, израсходованного для сгорания, а подсчитывают коэффициент избытка (α) по составу отработавших или дымовых газов. Если в отработавших газах много кислорода, то воздуха подается больше, чем требуется по расчету (стехиометрически): $\alpha > 1$ - смесь бедная. Если обнаружены продукты неполного горения, кислорода для горения недостаточно: $\alpha < 1$ - смесь богатая. Газоанализаторами определяют состав газов и подсчитывают коэффициент избытка воздуха (α). $\alpha = 1,5 \dots 2,0$

Состав продуктов сгорания.

В реальных двигателях обеспечить стехиометрическое сгорание практически невозможно, поэтому в газах в больших или меньших количествах содержатся продукты неполного сгорания. Специальными исследованиями и анализами найдено более 200 различных соединений. Основными компонентами, имеющими наиболее широкое распространение, являются: оксид углерода (CO), углерод (C), различные углеводороды

простого и сложного строения ($C_n H_t$), оксиды азота (NO_x), водород (H_2), оксиды серы (SO_2 и SO_3), соединения свинца (при сгорании этилированного бензина), альдегиды ($RCHO$). При сжигании сернистых дизельных топлив иногда образуется и сероводород (H_2S). Таким образом, продукты сгорания двигателей и других установок могут быть нетоксичными: O_2 , H_2 , H_2O , CO_2 и токсичными: CO , NO_x , $C_n H_m$, альдегид (уксусный, формальдегид), сажа (C), H_2S , SO_2 , соединения свинца и канцерогенный бенз- α -пирен - полициклический ароматический углеводород – $C_{20}H_{12}$. Кроме бенз- α -пирена, в отработавших газах обнаружены и другие канцерогенные соединения (пирен, антрацен).

Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе.

ПДК вредных веществ в воздухе - это концентрация, которая не оказывает прямого или косвенного действия на здоровье людей, растительный и животный мир. В нормативно-технической документации, справочных материалах приняты нормы ПДК. Характеристика концентраций 1) Максимальная - концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая рефлекторных реакций в организме человека. 2) Среднесуточная - которая не оказывает на человека прямого или косвенного вредного действия в условиях неопределенно долгого круглосуточного вдыхания. 3) Воздуха рабочей зоны - концентрация, не вызывающая у работников в продолжение 8 ч рабочего дня при ежедневной работе за весь ее период заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемых как непосредственно в период работы, так и в отдаленные сроки. При значительном превышении указанных концентраций возможны хронические и острые отравления. Хронические отравления начинаются с неприятных ощущений: слабость, головная боль, нервное расстройство, воспаление слизистых оболочек, головокружение, тошнота и др. Если не изменить обстановку и пренебречь охраной труда и личной безопасностью, то действие отрицательных факторов будет возрастать. Многие токсичные соединения накапливаются в крови, в результате чего возникают серьезные, трудноизлечимые заболевания.

Предел воспламеняемости.

Пределом воспламеняемости называется диапазон соотношений количества горючего вещества и воздуха, при котором возможно загорание смеси. Различают нижний и верхний пределы воспламеняемости топливновоздушных смесей. Нижний предел воспламеняемости - в смеси мало паров горючего, и дальнейшее ее обеднение делает смесь невоспламеняемой. Верхний предел воспламеняемости - в смеси содержится много паров горючего, дальнейшее ее обогащение топливом делает смесь невоспламеняемой. Для бензинов, например, нижний предел воспламеняемости будет при $\alpha = 1,40 \dots 1,45$, а верхний - при $\alpha = 0,45 \dots 0,50$. Увеличение температуры и давления несколько расширяет пределы воспламеняемости. Высокие пределы воспламеняемости имеют водород – 66,5%, метан, оксид углерода – 75%. Пределы воспламеняемости всех видов жидкого нефтяного топлива близки между собой. Разница между верхним и нижним пределами воспламеняемости здесь невелика, топливо горит и взрывоопасно при невысокой концентрации паров в воздухе. Из жидких топлив, используемых в сельском хозяйстве, наиболее легко воспламеняются и взрываются бензины. Работа двигателей на смесях, близких к пределам воспламеняемости, экономически невыгодна.

Теплота сгорания горючей смеси.

Теплота сгорания различных видов нефтяного топлива отличается незначительно и составляет 42 500...44 300 кДж/кг. Но в двигателях сгорает горючая смесь, состоящая из топлива и воздуха. Теплота сгорания горючей смеси зависит от количества теплоты, выделенной топливом, и объема воздуха. Чем выше теплота сгорания топлива, тем меньше его расход на единицу работы (меньше объем топливных баков или реже

заправка машин). В карбюраторных и дизельных двигателях сгорают обедненные и бедные смеси, теплоту их сгорания подсчитывают по формуле. Горючую смесь, перемешавшуюся с остаточными газами от предыдущего цикла, называют рабочей. Если нужно определить ее теплоту сгорания, то вносят поправку на коэффициент остаточных газов. Для практических целей эти понятия нередко приравнивают. Теплота сгорания нормальных горючих смесей различных видов топлива одинакова. Это объясняется тем, что чем выше теплота сгорания топлива, тем больше требуется воздуха для его сжигания.

Теплоемкость и теплопроводность.

Теплоемкостью (C) или удельной теплоемкостью вещества называют количество теплоты, необходимой для изменения температуры единицы вещества (1 кг, 1 м³, 1 кмоль) на 1 °С. Различают массовую (C) кДж/(кг·°С); объемную (C') кДж/(м³·°С) и киломолярную (μC) кДж/(кмоль·°С) теплоемкости. Значение массовой теплоемкости углеводородов, входящих в состав бензинов, дизельных топлив, минеральных масел, изменяется незначительно - 1,7...2,8 кДж/(кг·°С) [0,5...0,6 ккал/(кг·°С)]. При увеличении температуры теплоемкость возрастает (при температуре 200...250°С ближе к верхнему пределу), а с увеличением плотности нефтепродуктов снижается. Нагревание или охлаждение газов может происходить при постоянном объеме ($V = \text{const}$), при постоянном давлении ($P = \text{const}$), при одновременном изменении объема и давления. Теплоемкость при постоянном давлении (C_p) всегда больше, чем при постоянном объеме (C_v). Теплопроводность (коэффициент теплопроводности) - количество теплоты (кДж, Дж), которое проходит в 1 с через 1 м² стенки толщиной 1 м при разности температуры 1 °С. Теплопроводность нефтепродуктов составляет примерно 0,1 Дж/(м·с·°С).

Плотность нефтепродуктов.

Плотность нефтепродуктов, или массу единицы объема, оценивают килограммами на кубический метр (кг/м³). На практике применяют и иные единицы измерения: кг/л и г/см³. Поскольку плотность связана с объемом, она сильно зависит от температуры: при повышении температуры уменьшается, а при снижении возрастает. Плотность нефтепродуктов (ГОСТ 3900-85) измеряют нефтенсиметром (ареометром), который калибруют при 20 °С. К этой температуре и приводят все определяемые значения плотности (ρ_{20}). При измерении ареометр держат за верхнюю часть, опускают в цилиндр с нефтепродуктом, плотность которого нужно определить. Когда прекратятся колебания нефтенсиметра, по верхнему мениску жидкости отсчитывают значение плотности и одновременно измеряют температуру. Часто опыт проводят не при 20 °С, поэтому необходимо внести температурную поправку (по формуле). В производственных условиях часто приходится определять плотность густых нефтепродуктов (котельное топливо, мазут, смазочные масла). В этом случае высокая вязкость испытуемого продукта будет мешать свободному перемещению нефтенсиметра, особенно при пониженных температурах окружающей среды. Для точного определения плотности густого нефтепродукта поступают следующим образом. Предварительно определяют плотность растворителя (обычно бензина) и приводят ее значение к значению при 20 °С. Затем готовят смесь, состоящую из равных объемов растворителя и испытуемого продукта (можно брать и другие соотношения при приготовлении смеси). смесь тщательно перемешивают, измеряют температуру, определяют плотность смеси ($\rho_{см}$) и вносят температурную поправку. Составляют уравнение и подсчитывают плотность густого нефтепродукта.

Влияние нефтепродуктов на окружающую среду.

Все нефтепродукты взрыво- или огнеопасны, а их пары и продукты сгорания ядовиты. Особенно токсичны этилированные бензины: пары поражают органы дыхания,

нервную систему, жидкость - пищеварительный тракт и кожу. Продукты разложения тетраэтилсвинца, образующиеся при сгорании этилированного бензина, накапливаются в живых организмах, растительности, почве и отравляют водоемы. Интенсивность загрязнения окружающей среды во многом зависит от свойств нефтепродукта. Предположим, из-за неисправности крана в емкостях с бензином и дизельном топливом за секунду падает одна капля. Тогда потери бензина за сутки составят 4,0 кг, а дизельного топлива 4,3 кг, т.е. почва загрязнится примерно одинаково. Но если недостаточно герметично закрыты горловины емкостей и топливо испаряется, то загрязнение окружающего воздуха парами бензина будет примерно в 50 раз больше. Топлива, маловязкие масла, технические жидкости и другие нефтепродукты просачиваются через различные трещины, поры, неплотности приемораздаточной аппаратуры, резервуаров, раздаточных средств, трубопроводов и др. Чем выше температура воздуха, меньше вязкость нефтепродукта, тем больше потери и больше загрязнение почвы, воды, воздуха. Сильное загрязнение окружающей среды при переливе нефтепродуктов нередко наблюдается в процессе заполнения баков или других емкостей. Потери топлива при перевозке в авто- и железнодорожных цистернах часто происходят из-за выплескивания через горловину при плохих прокладках. Нефтепродукты, попадающие в водоемы, губят все живое, что там находится. Достаточно нескольких граммов нефтепродукта на 1 куб. м воды, чтобы сделать ее непригодной для обеспечения не только бытовых, но даже и производственных нужд.

Тема 2. Жидкое и газообразное топливо. Подготовка топлива к сжиганию.

Жидкое топливо.

Для сжигания в отопительных и отопительноварочных печах могут с успехом использоваться жидкие нефтепродукты. Теплотехнические свойства жидкого топлива, также, как природного газа, существенно лучше, чем твердого топлива: в нем отсутствуют зола и шлаки, не требуются специальные устройства для подготовки его к сжиганию, оно имеет высокую теплоту сгорания и позволяет получить высокую температуру в топке. Процесс сжигания жидкого топлива является более сложным, чем газовых, но с другой стороны, жидкое топливо не требует контроля газа и газораспределительных станций и других сооружений. Он может быть доставлен в любое место в танк или танки и трубопроводы для его подачи значительно меньшего диаметра, чем газ. Жидкое топливо получают путем перегонки тепла нефтепродуктов. Качество топлива определяется в основном содержанием низкокипящих и высококипящих фракций. В зависимости от количественного соотношения этому показателю различают "легкие" и "тяжелые" сорта жидкого топлива. Ассортимент жидких топлив, в порядке убывания от самых ценных низкокипящих фракций в следующей последовательности: бензин, керосин, дизельное топливо (солярка), гудрон, мазут.

Интересно, когда существенная разница в физических свойствах этих видов топлива, их химический элементный состав практически идентичны, и определяет, что приблизительно такое же количество теплоты сгорания. Однако различие физических свойств существенно влияет на требования к условиям сжигания этих топлив. Жидкого топлива почти полностью (96-98%) состоят из углеводородов, и основное содержание водорода составляет 80-90%, а углерода 8-14%. Кроме углеводородов, жидкое топливо часто содержит свободной и связанной серы (0,5—3%), небольшое количество кислорода и связанного азота и воды. Последние три вещества не оказывают заметного влияния на

качество топлива. Очень нежелательным элементом является сера, так как при сгорании сернистого газа образуется, с сильным влиянием коррозии металлов. Важным показателем является вязкость топлива, от его величины зависит надежность его транспортировки по трубопроводу к горелке, и качество сгорания, повышение вязкости негативно влияет на оба эти процесса. Жидкого топлива в современных горелках сжигается, как правило, после газификации (т. е. после испарения жгли его пары). В этой связи, важным свойством жидкого топлива является его способность испаряться, характеризуются температурой вспышки, при которой обильных паров, которые могут вспыхнуть при поднесении его пламени. Температура вспышки значительно ниже температуры воспламенения фактического топлива. Топлива с низкой температурой вспышки и быстро испаряется, что облегчает его сжигание, с другой стороны, в процессе эксплуатации требует особого внимания, так как при нагревании до температуры, близкой к температуре вспышки, может выхода паров из открытых содержание топлива, и это может привести к пожару. Поэтому не рекомендуется держать температуру топлива, близкой к температуре вспышки в танки с открытой поверхности. Существенной характеристикой является температура замерзания жидкого топлива, так как она определяет условия его хранения и транспортирования. При охлаждении топлива резко увеличивается бего вязкость, что затрудняет его слив и транспортирование по трубопроводам. Содержащиеся в жидком топливе зола и влага представляет собой балласт, снижающий теплоту сгорания и ухудшающий процесс горения. Зола — пассивный балласт, к тому же ее содержание невелико, влага же при испарении требует дополнительной затраты теплоты топлива (в количестве 2514 кДж/кг), что снижает температуру горения и ухудшает качество сжигания. Количество влаги в топливе зависит не только от его марки, на и от условий транспортирования, хранения и т. д. Например, при перевозке мазута в железнодорожных цистернах часто производят, обогрев его впуском пара, что приводит к повышению его влажности. Потребление жидкого топлива в промышленности имеет дифференцированный характер: наиболее качественно — бензин используется в двигателях внутреннего сгорания (авиация, легковой автотранспорт), работающих в наиболее напряженных условиях, керосин и дизельное топливо — в автотракторных дизелях и тепловозах. Тяжелое жидкое топливо — мазут, а также смолы используют для сжигания в крупных промышленных и энергетических котлах, оборудованных высокоэффективными механизированными горелочными устройствами. Для бытовых отопительных и отопительно-варочных печей техническими условиями предусмотрено использование печного дистиллятного топлива (ПДТ). По свойствам ПДТ близко к осветительному керосину.

Газообразное топливо.

Представляет собой смесь горючих (углеводороды, оксид углерода, водород) и не горючих (азот, оксид (II) углерода и кислород) газов с некоторым количеством примесей. Основное свое применение находят для сжигания в отопительных котлах и установках.

Преимущества использования газообразного топлива:

- газовое топливо сгорает в теоретическом количестве воздуха, что обеспечивает высокий тепловой коэффициент полезного действия (КПД) и высокую температуру горения;

- при сгорании газового топлива не образуется не желательных продуктов сухой перегонки и сернистых соединений, копоти и дыма;
- легко транспортируется по трубопроводам и удаленным потребителям и может храниться централизованно;
- легковоспламеняющиеся, практически при любой температуре окружающего воздуха;
- требует сравнительно небольших затрат в производстве и, следовательно, в сравнении с другими видами топлива, более дешевое топливо;
- может быть в сжатом или сжиженном виде для двигателей внутреннего сгорания (ДВС);

- обладает высокими антидетонационными свойствами; - когда горел, не требует конденсата, что обеспечивает значительное снижение износа деталей машин.

Недостатки использования газового топлива:

- оказывает токсическое действие;
- легко образует взрывчатую смесь при смешении с воздухом;
- легко протекает через плотность соединений;
- требуется соблюдение повышенных мер безопасности при работе с газовым топливом.

Природный газ из газовых месторождений практически полностью состоит из метана (82 – 98 %), с небольшой примесью этана (до 6%), пропана (до 1,5%) и бутана (до 1%). В попутных нефтяных газах содержание метана колеблется в более широких пределах (40 – 85 %), но в них, кроме того, содержится ещё этан и пропан (до 20% каждый).

Заводские газы содержат как парафиновые, так и олефиновые углеводороды, которые чаще всего используются как сырье для синтеза пластических масс и других веществ. В горючих газах, кроме углеводородов, могут содержаться и другие компоненты, такие, как водород, оксиды углерода, азот, кислород, сероводород, пары воды и др. Входящие в состав газа неуглеводородные компоненты – водород, оксид углерода (II) – имеют невысокую теплоту сгорания, а некоторые из них (диоксид углерода, азот), не участвуя в сгорании вообще, снижают теплотворную способность топлива.

В связи с этим в зависимости от применения газ специально очищают от нежелательных примесей и соединений. Условно различают 3 вида газового топлива по калорийности:

1) высококалорийное газовое топливо – теплота сгорания более 20 000 кДж/м³. К ним относят природные газы из газовых скважин и нефтяные, получаемые из скважин попутно с нефтью и при её переработке;

2) среднекалорийное газовое топливо – теплота сгорания 10 000 – 20 000 кДж/м³. К ним относят коксовый и светильный газы;

3) низкокалорийное газовое топливо – теплота сгорания до 10 000 кДж/м³. К ним относят доменный и генераторный газы.

В зависимости от физических свойств газы бывают сжатые и сжиженные.

Сжатый газ – это газ, который имеет критическую температуру ниже обычных температур своего применения. Его используют в основном в сжатом виде (при давлении до 20 МПа).

Сжиженный газ – это газ, критическая температура которого выше обычных температур своего применения. Такой газ используют в сжиженном виде при повышенном давлении (до 2 МПа).

Некоторые газы, обладающие низкой критической температурой, не переходят в жидкое состояние при обычной температуре даже под действием высокого давления. Например, газ метан до температуры -82°C находится в газообразном состоянии. При температуре ниже -82°C метан под воздействием небольшого избыточного давления превращается в жидкость, а при охлаждении до -161°C метан сжижается уже при атмосферном давлении.

Подготовка топлива к сжиганию.

Подготовка жидкого топлива имеет огромное значение при организации отопительного сезона. В качестве жидкого топлива в стационарных и мобильных энергетических установках используются мазуты различных марок, мартеновское топливо, стабилизированная нефть, соляровое и сланцевое масло и легкие топлива (керосин, соляр, бензин и др.) Наиболее распространенным топливом для сжигания в печах, промышленных и энергетических котлах является мазут. Мазуты характеризуются значительной вязкостью, плотностью, содержанием высокомолекулярных веществ и смол.

Транспортировка мазута.

Доставка мазута на электростанции и промышленные котельные производится железнодорожным, водным, автомобильным транспортом и по трубопроводам. По трубопроводам мазут доставляется в случае расположения котельных и ТЭС вблизи от нефтеперерабатывающих заводов или магистральных мазутопроводов. Автомобильным транспортом мазут доставляется в промышленные и отопительные котельные и небольшие электростанции при незначительных расстояниях от места получения топлива. Доставка потребителю мазута водным транспортом производится только при отсутствии других возможностей, т.к., несмотря на дешевизну этого способа (в 4...5 раз дешевле по сравнению с другими), сезонность его в связи с замерзанием водоемов вызывает необходимость строительства больших емкостей для хранения топлива в зимний период.

При доставке мазута по железной дороге топливо сливается в приемно-сливные устройства.

Для слива мазута требуется разогрев его до температуры 30°C для мазута марки 40 (40 В) и 60°C для мазута марки 100 (100 В). Существует несколько способов слива мазута в сливной желоб: при разогреве топлива "открытым паром", при разгрузке цистерн в закрытых помещениях – тепляках, слив с рециркуляционным подогревом горячим мазутом, слив из цистерн с паровой рубашкой, слив мазута под избыточным давлением.

Мазутные хозяйства бывают основными и растопочными. Основным мазутное хозяйство называют в случае, когда ТЭС или котельная работают только на мазуте, мазуте и газе или при использовании мазута в качестве резервного топлива. Если мазут используется в качестве растопочного топлива или для подсветки факела (на пылеугольных ТЭС), то мазутное хозяйство называют растопочным.

В состав мазутного хозяйства входят: приемно-сливные устройства; мазутохранилища (приемные и основные емкости); мазутонасосная (с насосами, подогревателями, фильтрами); паромазутопроводы; система жидких присадок (емкости, подогреватели, насос-дозатор); система пожаротушения.

Схемы мазутного хозяйства бывают циркуляционные, тупиковые и комбинированные (тупиково-циркуляционные); комбинированная схема применяется при использовании любых мазутов и при различных режимах работы котельной, но особенно удобна, когда котельная работает на маловязких топливах.

Жидкие топлива перед сжиганием должны пройти цикл специальной подготовки. Это необходимо для эффективного сжигания с одновременным обеспечением надежности топочного устройства, хвостовых поверхностей нагрева, уменьшения загрязняющих выбросов.

Подготовка включает в себя следующие мероприятия:

- первичный подогрев для обеспечения вязкости, необходимой при транспортировке;
- фильтрация;
- обработка присадками;
- обессоливание;
- обеспечение рабочего давления перед сжиганием;
- подогрев до вязкости, необходимой для оптимальной работы форсунок.

Первичный подогрев для обеспечения вязкости, необходимой при транспортировке.

Условия сливных и наливных операций, транспортировки мазутов, а также эффективность работы форсунок определяются вязкостью мазута. Вязкость мазутов в значительной степени зависит от температуры, поэтому необходимо, чтобы мазут был нагрет до определенной температуры в соответствии с условиями его использования. Недогрев топлива ухудшает его транспортирование по трубам, качество распыливания; перегрев может привести к испарению, вспениванию, вследствие чего возможно воспламенение топлива в баках, пульсационному режиму работы форсунок, ухудшению работы насосов. На рис. 1.3 приведена номограмма зависимости вязкости некоторых мазутов от температуры по **ГОСТ 10585-75**, здесь же показаны примерные значения вязкости, которые необходимо обеспечивать для оптимальной работы мазутного хозяйства и горелочных устройств. Подогрев мазута в приемной, основной и расходной емкостях (позиции 3, 25 и 21 рис. 1.2) осуществляется змеевиковыми подогревателями и открытым паром. Подогреватели устанавливаются в непосредственной близости от заборных патрубков основных и циркуляционных насосов.

Фильтрация мазута.

Для очистки мазута от механических примесей используются фильтры грубой и тонкой очистки. В зависимости от конструкции фильтры бывают щелевые, шариковые и сетчатые. На рис. 1.4 приведена конструкция сетчатого фильтра мазута. Грубые сетчатые фильтры имеют от 5 до 64 отверстий на 1 см фильтрующей поверхности, фильтры тонкой очистки – от 64 до 400 отверстий на 1 см. Фильтры грубой очистки устанавливаются перед топливными насосами, фильтры тонкой очистки – перед форсунками. Необходимая степень фильтрации жидкого топлива определяется используемым оборудованием мазутного хозяйства и типом форсуночных устройств. Снижение требований к фильтрации не допускается, минимальный размер отфильтрованных частиц не должен превышать 5 мкм.

Обработка присадками и обессоливание.

Мазут является очень сложной по химическому составу смесью высокомолекулярных органических, гетероорганических и металлоорганических соединений. В структурном отношении мазут представляет собой многофазную дисперсную систему. К частицам дисперсной фазы относятся высокоплавкие парафиновые углеводороды, карбены и карбоиды, твердые минеральные примеси, глобулы воды, газовые пузырьки. Осаждение частиц дисперсной фазы и образование трудноудаляемых отложений приводит к определенным трудностям на всех стадиях транспортирования, хранения и сжигания мазута. Карбоиды и минеральные примеси вызывают абразивный износ насосов, арматуры и форсунок. Присутствие глобул воды

усложняет эксплуатацию мазутного хозяйства, отрицательно влияет на полноту сгорания, дестабилизирует процесс горения и может привести к срыву факела. Наличие в мазуте вредных примесей вызывает генерацию производных соединений, коррозию и загрязнение рабочих поверхностей, уменьшение теплопередачи. Для снижения негативных явлений, возникающих при использовании мазутного топлива, его необходимо подвергать спецобработке на нефтеперегонном заводе или непосредственно перед сжиганием.

Существуют следующие методы обработки мазута: гидромеханический, физический и химический.

Гидромеханическая обработка (ГМО) производится в специальных аппаратах (ротационных, струйных, вибрационных и др.), позволяющих создавать тонкодисперсную смесь мазута с вязкими отложениями и с водой. Способ ГМО перспективен при сжигании высокообводненных и крекинг мазутов. В результате ГМО вода и мазут перемешиваются до микроэмульсии. Поскольку температура кипения воды значительно ниже температуры кипения мазута (280...320°C), то при попадании капель мазута в топочную камеру происходит быстрое испарение эмульгированной в топливе воды, приводящее к микровзрыву капель мазута и к их вторичному дроблению. При этом факел более равномерно распределяется в топочном пространстве, возрастает полнота и скорость сгорания, выравнивается температурное поле, снижается максимум температур в зоне горения, вследствие чего на 30...40% уменьшается образование “термических” оксидов азота. Содержание эмульгированной воды в мазуте рекомендуется 6...12% при дисперсности воды 10...15 мкм.

К **физическим методам** относится обработка топлива магнитным, электрическим, тепловым и другими физическими полями с целью повышения его дисперсности, стабильности и, в конечном счете, полноты сгорания.

Для обессоливания применяют водную **промывку мазута**. В мазут вводится пресная вода, создается водно-топливная эмульсия, затем промывочная вода, насыщенная солями (в основном щелочных и щелочноземельных металлов), удаляется с помощью центробежных сепараторов. За рубежом (фирма “Пегролант”, США), используется электростатический метод отделения воды непосредственно в топливных емкостях.

Химический метод обработки мазута заключается в использовании присадок. Присадки к мазуту имеют различные назначения.

Депрессорные присадки улучшают текучесть мазута. В качестве депрессантов используют сополимеры этилена с винилацетатом.

Диспергирующие присадки препятствуют образованию смолистых отложений, повышают полноту сгорания топлива. В качестве диспергирующих и противодымных присадок используют соединения Мп, Be, Сг и др. (катализаторы горения), соединения щелочноземельных металлов Ва и Са, алюмосиликаты. Последние ускоряют процесс термоокислительного крекинга топлива, что положительно влияет на полноту сгорания, снижает коррозионную активность дымовых газов; в энергетике алюмосиликаты пока не используются. Антикоррозионные присадки – это соединения $M^{\wedge}$, Al, Bi, Be и др. Они взаимодействуют с коррозионно- и адгезионноактивными компонентами продуктов сгорания (соединениями B, V, №) и переводят их в пассивное состояние. При этом на наружных поверхностях нагрева котла образуются рыхлые легкоудаляемые отложения, резко снижается скорость коррозии металла.

Для котельного топлива используются жидкие присадки ВНИИНП-102 для обработки мазута при его изготовлении, ВНИИНП-106 для обработки мазута в местах потребления, «Полифен» (близок по составу и свойствам к присадке ВНИИНП-106). Эти

присадки снижают интенсивность коррозии, уменьшают количество и прочность золых отложений, снижают вязкость и поверхностное натяжение мазута, связывают атомарный кислород, способствуют выжиганию тяжелых компонентов, уменьшают коксообразование. На ТЭС применяется также жидкая минеральная присадка ВТИ-4 ст, представляющая собой 10%-ный водный раствор хлористого магния $MgCl_2$. Она снижает низкотемпературную коррозию, но отложения на поверхностях нагрева трудноудаляемы, и поэтому ряд электростанций отказался от нее.

Присадка, поступающая на электростанцию, выгружается в специальные емкости, где готовится рабочий раствор, последний подается в баки хранения жидкой присадки. Из баков насосом-дозатором присадка через фильтры подается на всасывание мазутных насосов второго подъема (с применением смесителей эжекционного типа) или, как это показано на рис. 1.2, через подогреватель на всасывание перекачивающих насосов. Дозировка присадок ВНИИНП: $2 \pm 0,4$ кг на одну тонну мазута, присадки ВТИ-4 ст: $0,6 \pm 0,1$ кг $MgCl_2$ на тонну мазута, температура контакта 70...90°C.

За рубежом применяют присадки на основе Mg, Mn, и Al в виде дисперсий в масле.

Обеспечение рабочего давления перед сжиганием.

Давление жидкого топлива выбирается, исходя из требуемой дисперсности распыления при необходимой единичной производительности форсунки. Давление мазута перед форсунками условно подразделяются на низкое ($< 0,7$ МПа), среднее ($< 3,5$ МПа) и высокое ($> 3,5$ МПа). Необходимое давление достигается использованием насосов различного типа и назначения.

Шестеренные насосы типа Ш применяются для перекачивания мазута с температурой до 80°C и используются как циркуляционные и основные насосы в промышленных котельных; подача от 0,22 до 9 м³/ч, давление от 0,6 до 2,5 МПа.

Винтовые насосы типа 3В (трехвинтовые) применяются для перекачивания мазута с температурой до 100°C в мазутных хозяйствах промышленных котельных в качестве основных насосов; подача от 0,45 до 6,84 м³/ч, давление от 2,5 до 4 МПа.

Центробежные консольные насосы типа НК для перекачивания мазута с температурой до 80°C применяются на ТЭС как основные насосы и насосы первого подъема, подача от 35 до 560 м³/ч, давление от 0,7 до 3,7 МПа.

Для перекачивания мазута с температурой до 200°C как основные и насосы первого подъема применяются на ТЭС центробежные консольные насосы типа НК (подача от 55 до 120 м³/ч, давление нагнетания от 0,45 до 1,12 МПа); типа КНК (подача 135 м³/ч, давление 0,55 МПа); разъемные центробежные консольные насосы типа Н (подача от 36 до 170 м³/ч, давление от 1,05 до 3,38 МПа); разъемные двустороннего входа типа НД (подача от 200 до 450 м³/ч, давление от 0,6 до 1,0 МПа).

Разъемные многосекционные насосы типа НПС применяются на ТЭС в качестве основных. Температура перекачиваемого мазута до 200°C, подача от 35 до 200 м³/ч, давление нагнетания от 5 до 7 МПа.

В качестве насосов-дозаторов присадок используются насосы типа НД, например, НД-2500/10 с подачей 2,5 м³/ч и давлением нагнетания 1,0 МПа.

Подогрев мазута перед форсунками.

Перед подачей жидкого топлива в топку оно дополнительно подогревается для обеспечения необходимой вязкости. Температура подогрева мазута определяется маркой мазута и способом распыления (см. табл.1.1).

**ТАБЛИЦА 1.1. ТЕМПЕРАТУРА ПОДОГРЕВА МАЗУТА ПЕРЕД
ФОРСУНКАМИ, °С**

Марк а мазута	Форсунки механического распыления	Форсунки паромеханические	Форсунки ротационные и парового распыления
100	150 (135)	125	100
100 В	125	115	—
40	120	110	90
40 В	110	100	—
Ф	80	—	80

Пар на мазутоподогреватели (рис. 1.2, позиция 7) поступает из отборов турбин или непосредственно от котла с давлением до 1,6 МПа и температурой до 300°С (насыщенный или слегка перегретый).

Для подогрева мазута используют кожухотрубные подогреватели ПМ и ПМР, секционные кожухотрубные подогреватели, и секционные подогреватели типа «труба в трубе». Диапазоны некоторых рабочих характеристик подогревателей приведены в таблице 1.2.

**ТАБЛИЦА 1.2. ДИАПАЗОН ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ МАЗУТА**

Параметр	Типы подогревателей			
	ПМ	ПМР	Секционные подогреватели	ТТ
Пропускная способность по мазуту, т/ч	6... 120	15.4 00	40.50	до 20
Допустимое давление мазута, МПа	1,0..4,0	1,3.. 6,4	—	до 6,4
Допустимое давление пара, МПа	1,0..1,3	1,6	0,8	1,0.4
Температура мазута на выходе, °С	95...115	120 ...13 5	125.150	до 135
Температура пара на входе, °С	200	300	—	180..2 50

На рис. 1.5 приведена конструкция подогревателя типа «труба в трубе», применяемого в мазутохозяйственных котельных.

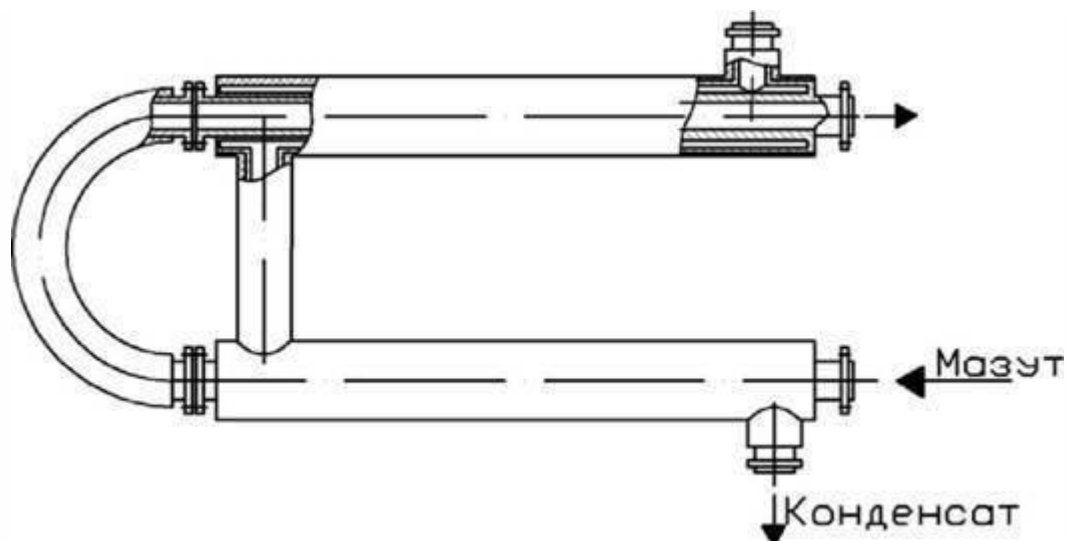


РИС. 1.5. МАЗУТОПОДОГРЕВАТЕЛЬ ТИПА «ТРУБА В ТРУБЕ»

Распыливание жидкого топлива и организация топливовоздушной смеси.

Эти операции являются наиболее ответственными в ряду мероприятий по подготовке жидкого топлива к сжиганию в факеле. От качества распыления и образования горючей смеси зависят экономичность и надежность процесса горения при различных режимах работы топочных устройств. Распыливание (дробление на мелкие капли) жидкого топлива производится в форсунках, а организация топливовоздушной смеси – в горелках различных типов и конструкций.

Основные типы форсунок, используемые в настоящее время в энергетике – механические и с распыливающей средой. Механическое распыливание осуществляется при продавливании топлива под значительным напором (1,0...2,0 МПа) через малое отверстие (1...3 мм). Распыливающая часть центробежной форсунки (головка) показана на рис. 1.6. Она состоит из трех основных деталей. В диске 4 происходит дробление топлива на мелкие струйки, в диске 5 струйки завихриваются, в сопловой насадке 6 топливо распыливается.

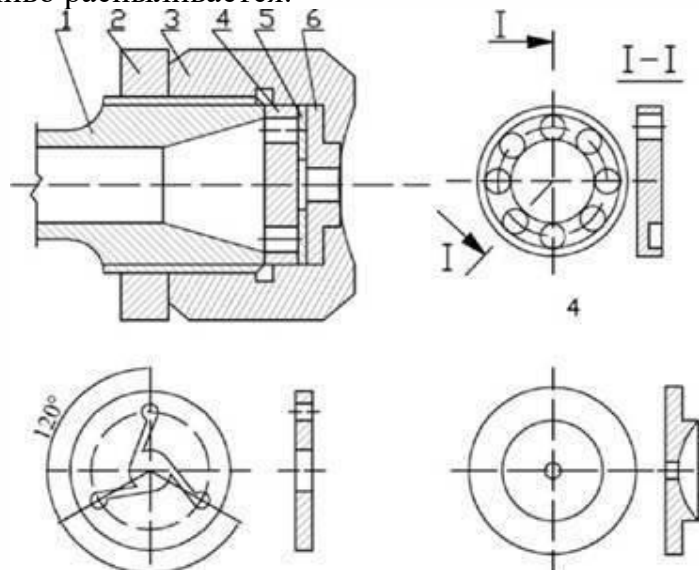


РИС. 1.6. ГОЛОВКА МАЗУТНОЙ ФОРСУНКИ С МЕХАНИЧЕСКИМ РАСПЫЛИВАНИЕМ: 1 – НАКОНЕЧНИК ГОЛОВКИ; 2 – ГАЙКА СТОПОРНАЯ; 3 – ГАЙКА НАКИДНАЯ; 4 – ДИСК РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ; 5 – ДИСК ЗАВИХРИВАЮЩИЙ; 6 – НАСАДКА СОПЛОВАЯ

В паровых и пневматических форсунках дробление топлива осуществляется за счет кинетической энергии пара или воздуха. Так, в струйных форсунках ЦКТИ (рис.1.7) дробление и выход мазута осуществляется за счет прямого сноса его кинетической энергией пара и за счет эжекции.

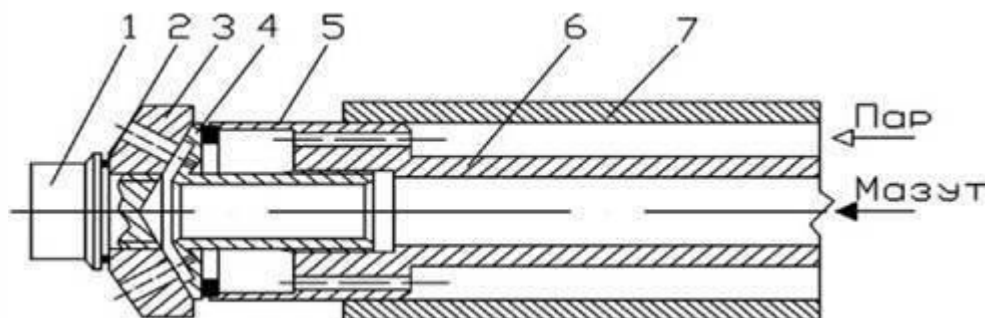


РИС. 1.7. СТРУЙНАЯ ФОРСУНКА ЦКТИ: 1 – ПРОБКА; 2 – ПРОКЛАДКА; 3 – РАСПЫЛИТЕЛЬ; 4 – КОЛЛЕКТОР ПАРОВОЙ; 5 – КОРПУС; 6 – ТОПЛИВНЫЙ СТВОЛ; 7 – ПАРОВОЙ СТВОЛ

В паро- и пневмомеханических форсунках дробление топлива осуществляется путем одновременного воздействия на него механическим и паровым (пневматическим) завихрителями. Конструктивно такие форсунки изготавливают двухсопловыми (распыливающий агент взаимодействует с топливом на выходе последнего в топочное пространство (рис.1.8) и двухкамерными (потoki распыливающего агента и топлива взаимодействуют внутри форсунки) с одним выходным соплом.

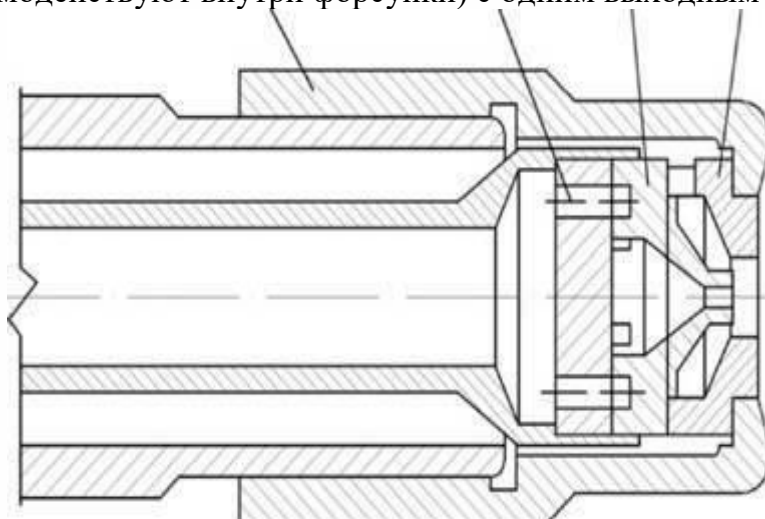


РИС. 1.8. ГОЛОВКА ПАРМЕХАНИЧЕСКОЙ ФОРСУНКИ ГОРЕЛКИ ГМГМ: 1 – НАКИДНАЯ ГАЙКА; 2 – ШАЙБА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ; 3 – ЗАВИХРИТЕЛЬ ТОПЛИВНЫЙ; 4 – ЗАВИХРИТЕЛЬ ПАРОВОЙ

В ротационных форсунках дробление и подача топлива в топку осуществляется при помощи вращающегося стакана (рис. 1.9). Топливо подается через полую трубу к насадку, из него на стенку стакана, где распределяется в виде пленки, пленка обрывается со среза стакана. Для дополнительного воздействия на пленку топлива к стакану подводится первичный воздух (10...20% от общего его количества, подаваемого на горение). Образовавшаяся богатая смесь капель топлива и воздуха поступает в топку. Более подробная классификация форсунок приведена в разделе 1.4.

Совершенство сжигания жидкого топлива зависит от качества его распыливания, которое характеризуется распределением капель по размерам, средним диаметром капель, углом раскрытия (конусности) и дальнобойностью струи, плотностью орошения, т.е. количеством жидкости, проходящей в единицу времени через единицу площади живого сечения струи.

Фракционный состав капель в струе может быть записан как зависимость, имеющая вид нормального закона распределения Гаусса.



РИС. 1.9. ГОЛОВКА РОТАЦИОННОЙ ФОРСУНКИ: 1- ТОПЛИВОПОДАЮЩАЯ ТРУБА; 2- ПОЛЫЙ ВРАЩАЮЩИЙСЯ ВАЛ; 3 – КОРПУС; 4 – ПИТАТЕЛЬ; 5- ВРАЩАЮЩИЙСЯ РАСПЫЛИВАЮЩИЙ СТАКАН; 6 – ЗАВИХРИТЕЛЬ ПЕРВИЧНОГО ВОЗДУХА

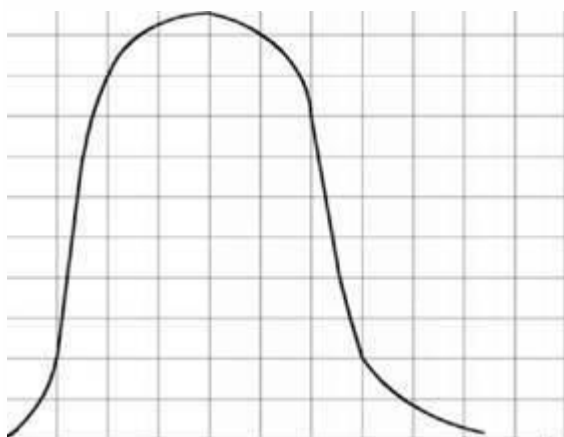


РИС. 1.10. ЧАСТОТНАЯ КРИВАЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАПЕЛЬ В СТРУЕ

Графически выражение (1.1) представлено на рис. 1.10. Из рисунка видно, что распределение капель по размеру очень неравномерно, между максимальным и минимальным размерами находится наиболее вероятный размер капель, число которых максимально, с увеличением и уменьшением размера капель количество капель наиболее вероятного размера уменьшается.

Подготовка газообразного топлива.

Горючий газ (природный или искусственный) по своему фазовому состоянию наиболее подготовлен к сжиганию.

Доставляется газ к потребителю либо в сжиженном состоянии водным, железнодорожным или автомобильным транспортом, либо в газообразном по трубопроводу. Последний способ транспортировки является самым дешевым. Для увеличения количества перекачиваемого по трубопроводу газа требуется повышение его давления. При этом требуемое давление газа перед горелочными устройствами может быть меньше, чем в транспортном газопроводе. Для приведения давления газа к паспортным значениям горелочных устройств применяют редуцирующие устройства: газорегуляторные пункты (ГРП) или газорегуляторные установки (ГРУ).

Значение температуры газа перед горелочным устройством также определено паспортом последнего. При подземной прокладке транспортных газопроводов температура газа постоянна, что удобно при автоматическом регулировании процесса горения. При наземной прокладке газопроводов температура газа имеет сезонные колебания, поэтому приходится прибегать либо к сезонной настройке регуляторов горения, либо к ручному регулированию горения с использованием сезонных режимных графиков.

Перед подачей газа в транспортные магистрали он осушается до значения, примерно, 10 г H_2O в 1 м³ газа. Водяные пары, содержащиеся в газе, при определенных условиях способствуют образованию гидратов, а при конденсации их и низких температурах образуются ледяные пробки. Поэтому перед сжиганием газов иногда требуется организовать их сушку или использовать регуляторные станции для сепарации влаги.

Большинство природных газов не имеют вредных примесей, во многих попутных и синтетических (доменный, коксовый и др.) их очень мало. Однако даже при незначительных концентрациях некоторые примеси весьма токсичны и коррозионноактивны. К этим примесям относятся сероводород H_2S и сероуглерод CS_2 . Удалять их можно путем промывки газа водой или фильтрованием газа в известковых или угольных фильтрах. Помимо сернистых соединений в горючем газе содержатся цианиды, в основном синильная кислота HCN , образующаяся из топливного азота. При сгорании HCN азот, содержащийся в кислоте, окисляется с образованием токсичных оксидов NO_x . Кроме того, наличие HCN приводит к сильной коррозии железа, меди, цинка, олова и их сплавов. Для очистки от HCN горючий газ пропускается через специальные фильтры, заполненные оксидами железа.

Если на предприятии используется низкоили высококалорийный газ, не соответствующий по теплоте сгорания установленным горелочным устройствам, то для подготовки газа необходимого качества производится смешение газов с различной теплотой сгорания.

Возможность использования установленных горелочных устройств для сжигания любого газа оценивается предварительно. В отечественной практике возможность взаимозаменяемости горючих газов в основном определяется расчетом с последующей реконструкцией и стендовыми исследованиями опытных образцов горелок. Это трудоемкий способ. В мировой практике оценка возможной взаимозаменяемости газов производится следующими способами:

1) экспериментально, путем сжигания газа в опытных эталонных горелках (Отто, Сако-Шака, Газ де Франс и др.), сравнивают характеристики пламени различных сжигаемых газов и оценивают влияние свойств этих газов на горение;

2) аналитически, путем определения и сопоставления шести критериев взаимозаменяемости: теплопроизводительности (число Воббе); уровней рабочих давлений; пределов отрыва пламени; пределов проскока пламени; образования продуктов химического и механического недожога.

С целью своевременного обнаружения утечки газа его подвергают одоризации, т.е. придают ему резкий специфический запах. Газы одорируют после их очистки и осушки перед поступлением в магистральный газопровод или городскую газовую сеть в одоризационных установках. Наиболее распространенный одорант - этилмеркаптан (C_2H_5SH), который содержит до 50% серы. Концентрация этилмеркаптана составляет 16·10⁻³ г. на 1 м³ природного газа. При такой концентрации запах газа в помещении будет хорошо ощутим при количестве его 1% об. Это количество газа в смеси с воздухом взрывобезопасно, т.к. нижний предел взрываемости - 5% природного газа в смеси с воздухом.

Давление газа.

При сжигании газообразного топлива его давление может быть низкое (меньше 0,005 МПа), среднее (0,005...0,3 МПа) или высокое (0,3...1,2 МПа). Выбор давления газа и воздуха перед горелочным устройством определяет оптимальность распределения топлива в окислителе и качество смесеобразования. Вообще говоря, с целью уменьшения

расхода энергии на собственные нужды следует стремиться к минимально возможным давлениям. Однако для уменьшения габаритов горелки и улучшения процессов смесеобразования и сжигания следует увеличивать давление газа. На практике уровень давлений горючего газа ограничен давлением газа в транспортном газопроводе.

При переводе первых котлов на газ они либо подключались к газовым регуляторным пунктам бытового назначения, либо к собственным ГРП на такое же давление ($p_g = 0,002$ МПа). На такое же давление проектировались горелки. С ростом мощности котлов, работающих на газе, давление газа повышали. В настоящее время топливоиспользующие установки работают на газе низкого и среднего давлений (промышленные и отопительные котельные) и среднего (котлы ТЭС). Горелочные устройства спроектированы на соответствующее давление. Обеспечивается постоянное рабочее давление при помощи ГРУ или ГРП.

ГРУ монтируют непосредственно в помещениях, где расположены топливоиспользующие установки. ГРП размещают вне помещения в отдельном здании или в пристройке, в шкафах, закрепленных на стене снаружи помещения или на отдельной опоре, на несгораемой крыше помещения (например, здании котельной). Кроме поддержания давления газа в ГРУ и ГРП производятся: очистка газа и снижение его давления, контроль за входным и выходным давлением и температурой газа; учет расхода; предохранение от возможного повышения или понижения давления сверх допустимых значений. Основное оборудование ГРУ и ГРП: регулятор давления; предохранительный запорный клапан (ПЗК); предохранительный сбросной клапан (ПСК); фильтр; контрольноизмерительные приборы (КИП); импульсные трубопроводы, по которым подаются импульсы давления газа к регулятору, ПЗК, ПСК и КИП; сбросные трубопроводы, по которым газ отводится в атмосферу от ПСК, продувочных линий и т.п.; запорные устройства (задвижки, краны); обводной газопровод (байпас) для подачи газа к потребителю при ремонте основного оборудования ГРП (ГРУ).

ГРП (ГРУ) могут иметь две и более линий с установкой на них всего комплекта перечисленного оборудования. Прокладка всех газопроводов в пределах ГРП и до котлов выполняется наземной. Подвод газа от ГРП к коллектору котельного отделения (вне здания) производится по одной нитке.

Газовое хозяйство.

На ТЭС природный газ поступает по одному магистральному газопроводу диаметром до 2м. Газохранилище для природного газа на ТЭС не сооружают. На рис. 2.2. приведена схема снабжения ТЭС природным газом.

Газ после газорегуляторной станции (ГРП) поступает в два общих газопровода (на рисунке показан один из них), каждый из которых обеспечивает 70% максимального расхода. К котельным установкам газ подводится газопроводами, ответвляющимися от общего газопровода. На линии подачи газа к котельной установке установлены устройства для регулирования и измерения расхода газа. Газовые линии продувают из тупиковых участков через свечи, выведенные за пределы здания в места, недоступные для пребывания людей. Через эти свечи удаляют воздух перед растопкой котлов и газ при остановке котлов. Газопроводы устанавливают с уклоном для удаления через конденсатоотводчики скапливающейся влаги.

Смесеобразование - перемешивание первичного воздуха с горючим газом с целью получения смеси, способной воспламениться и гореть в топочной камере. Интенсивность и качество (равномерность распределения топлива в окислителе) смесеобразования являются основополагающими факторами надежного и экономичного его сжигания. Смесеобразование зависит от типа и конструктивных особенностей горелочных

устройств, которые с этой точки зрения можно классифицировать следующим образом: 1) газогорелочные устройства с предварительным смесеобразованием; 2) газогорелочные устройства диффузионного типа (с отдельным вводом горючего газа и воздуха в зону горения); 3) газогорелочные устройства комбинированного смешения, сочетающие в себе элементы первого и второго типов. В соответствии с приведенной классификацией смесеобразование производится следующим образом: 1) начинается и заканчивается в горелочном устройстве, а в топочную камеру подается окончательно подготовленная для сжигания однородная смесь; 2) происходит целиком в топочной камере и смесь сгорает в диффузионном факеле; 3) начинается в горелочном устройстве и заканчивается в топочной камере. Для топочной техники наиболее применимыми являются принципы подготовки смеси второго и третьего типов. При этом внедрение газа в воздушный поток может начинаться уже в горелочном устройстве, а перемешивание объемов газа и воздуха начинается на срезе горелочного устройства и продолжается в горящем факеле.

Распределение горючего газа в воздушном потоке может осуществляться струйным и центробежным способом. Наибольшее распространение получили струйные распределители. В этом случае газ вводится в воздушный поток через одну, чаще через несколько трубок или отверстий спутно воздушному потоку или под углом к нему. Для улучшения качества смесеобразования при спутной подаче газа и воздуха их потоки резко турбулизируются. Введение газа под углом к воздушному потоку позволяет получить нужное качество перемешивания при меньших скоростях газа. Раздача горючего газа в воздушный поток тонкими струями наиболее удобна для горелок котлов при сжигании природного газа, т.к. в этом случае расход газа значительно меньше расхода воздуха (на 1 м³ природного газа расходуется около 10 м³ воздуха). При этом скорость воздуха равна 20...40 м/с, а газа - до 100 м/с.

Максимальная глубина внедрения газовых струй в воздушный поток выбирается с учетом экономичности сжигания и исключения перегрева и обгорания элементов горелки и амбразуры. Качество смесеобразования обеспечивается равномерностью раздачи газа через трубки (отверстия). Для этого глубина проникновения, газовых струй должна быть различной.

При сжигании газов с низкой теплотой сгорания (доменного, генераторного и т.п.) объемы воздуха и газов в горючей смеси примерно одинаковы. Для таких газов качественное смесеобразование достигается путем закрутки послойно чередующихся потоков газа и воздуха. При сжигании высококалорийных газов смешиваются большие объемы воздуха с малыми объемами газа; в этом случае лучший эффект смешивания достигается при струйном введении газа в воздушный поток.

Помимо турбулизации газовых потоков в прямооточных горелках и закручивания потоков в завихрывающих горелках для улучшения качества смесеобразования практикуется также организация смесеобразования в виде различных схем взаимодействия газовых струй с циркуляционными течениями за плохообтекаемыми телами - стабилизаторами.

Мероприятия по охране природы:

- создание двигателей внутреннего сгорания и других установок с улучшенными малотоксичными или принципиально новыми процессами сгорания;
- изыскание видов топлива, заменяющих дизельные и бензины, которые позволят снизить токсичность и улучшить экономичность;
- разработка и внедрение нормативно-технической документации (ГОСТ, ТУ и др.), которая устанавливает нормы выброса в окружающую среду вредных веществ;

- освоение серийного производства аппаратуры, позволяющей контролировать токсичность и дымность продуктов сгорания, а также средств снижения токсичности существующих двигателей;

- улучшение условий эксплуатации сельскохозяйственной техники (использование высококачественных нефтепродуктов, автоматических и механизированных средств приема и отпуска топлива и смазочных материалов, своевременное и полное техническое обслуживание и ремонт машин, контроль за их техническим состоянием) и др.

Тема 3. Водоподготовка и водно-химический режим.

Водно-химический режим (ВХР) теплосилового оборудования тепловых сетей: основные задачи

Существуют следующие способы организации водного режима:

а) физико-химический – это коррекционная обработка питательной и котловой воды, т.е. дозирование в воду небольшого количества соответствующих реагентов, приводящих качество воды в соответствие с нормальными показателями; в результате удаляются из воды незначительные остаточные загрязнения. К коррекционным способам обработки воды относится фосфатирование, аминирование, сульфитирование, гидрозирование, нитрирование, трилонирование, силикатирование.

б) ко второму способу относится – продувка, ступенчатое испарение, промывка насыщенного пара или их совместное использование.

Водно-химические режимы подразделяются на гидразинно-аммиачный, гидразинный, кислородно-аммиачный, нейтрально-кислородный.

Одним из основных показателей надежности водного режима энергоблока прямоточного или барабанного котла является длительность межпромывочного периода как парогенератора, так и турбины.

С увеличением единичной мощности котлов и ростом параметров рабочей среды организация водно-химического режима приобретает особо важное значение в обеспечении надежной и экономичной работы.

“Химическая часть” тепловых электростанций, котельных объединяет комплекс средств, обеспечивающих надежную работу конструкционных материалов котлов, теплообменных аппаратов, тепловых сетей и паровых турбин, защищая их от коррозионного разрушения, образования и накопления отложений. Этот комплекс включает подготовку добавочной воды; очистку турбинного и производственных конденсатов; коррекционную обработку питательной и котловой воды; обработку охлаждающей воды и воды, поступающей в тепловые сети; нейтрализацию и более или менее полное обезвреживание сточных вод; химический контроль режимов очистки и коррекции воды.

Рациональный водно-химический режим состоит в обеспечении качественной добавки очищенной воды в пароводяной цикл. Материал первого раздела в основном был посвящен этим вопросам; в нем содержатся краткие сведения о процессах, технологических режимах, схемах и аппаратах установок подготовки добавочной воды и очистки турбинного и производственного конденсата.

Возможность длительной бесперебойной эксплуатации ТЭС и котельных в значительной степени определяется интенсивностью протекания физико-химических процессов накипеобразования на поверхности нагрева парогенераторов, уноса солей кремниевой кислоты и окислов металлов паром из испаряемой котловой воды и

оборудования, отложений их в проточной части паровых турбин, а также коррозии металла энергетического оборудования и трубопроводов.

Интенсивность протекания всех этих процессов зависит от качества пара, питательной и котловой воды.

Опыт многолетней эксплуатации мощных энергоблоков в России и за рубежом убедительно свидетельствует о том, что необходимым условием длительной, надежной и экономичной эксплуатации ТЭС, котельных является рациональная организация водоподготовки, водного режима парогенераторов и в первую очередь строгое соблюдение экспериментально обоснованных эксплуатационных норм качества пара, конденсата, питательной и котловой воды.

При решении водной проблемы паротурбинных электростанций существенное значение имеет то, что переход к сверхвысокому и сверхкритическому давлению значительно видоизменял не только условия парообразования, но и свойства самого рабочего тела.

Одним из факторов обуславливающих столь важное значение водной проблемы современных ТЭС и котельных являются высокие удельные тепловые нагрузки стенок парообразующих труб парогенераторов. В целях обеспечения надежного температурного режима металла этих поверхностей и тем самым более продолжительной работы котлоагрегатов, необходимо жесткое ограничение допустимой величины отложений на поверхностях нагрева, омываемых водой, пароводяной смесью или паром. Образование отложений в пароводяном тракте ТЭЦ, котельной отрицательно влияет на работу как основного, так и вспомогательного оборудования. Несмотря на различия в химическом составе и структуре отложений все они характеризуются меньшими по сравнению с металлами коэффициентами теплопроводности [0,06–6 против 46–120 Вт/(м·К)]. При загрязнении отдельных теплопередающих поверхностей отложениями снижаются коэффициенты теплопередачи, увеличивается шероховатость стенок, уменьшаются проходные сечения и, как следствие, увеличиваются потери на трение.

Все это при относительно невысоких температурах рабочей среды, например в регенеративных подогревателях, экономайзерах котла, конденсаторах турбин и т.д. сказывается лишь на экономических показателях работы оборудования. При высоких же температурах рабочей среды, т.е. в пароперегревателях экранных труб котлов, наряду с ухудшением экономичности оборудования, отложения снижают и надежность его работы.

В пароперегревателях при этом интенсифицируются процессы ползучести металла и окалинообразования, приводящие к утонению стенок и разрыву труб. В местах перегрева экранных труб происходит размягчение металла и его деформация под действием давления рабочей среды, в результате на трубках появляются выпуклости (отдулины), которые со временем растут, толщина стенки при этом уменьшается, и затем образуется разрыв металла (свищ).

При повреждении хотя бы одной трубки пароперегревателя или экранной трубы приходится внепланово останавливать котел. К тем же последствиям приводят коррозионные повреждения металла со стороны рабочей среды. На останов, расхолаживание, удаление поврежденного участка, замену его новым и повторный пуск котла требуется значительное время. Чем больше единичная мощность агрегата, тем значительнее экономический ущерб, наносимый его внеплановыми остановами. Чтобы предотвратить их, нужно создавать условия, препятствующие как образованию отложений, так и коррозии металла.

Поскольку речь идет о процессах, протекающих со стороны рабочей среды, создание таких условий требует воздействия на ее состав или, как принято говорить, соответствующей организации водно-химического режима котла.

Другим важным фактором является повышенная чувствительность турбин высокого давления к загрязнению проточной части. Даже небольшие отложения на лопатках турбины, еще не вызывающие снижения ее номинальной мощности, могут существенно снизить тепловую экономичность турбины и всего энергоблока. С повышением давления пара и переходом к прямоточным парогенераторам сверхкритического давления (СКД) опасность загрязнения питательной воды резко возрастает из-за увеличения интенсивности коррозионных процессов с ростом температуры.

Отложения, образующиеся в проточной части турбин, как правило, не вызывают аварийных остановов этих агрегатов, но оказывают существенное влияние на экономичность их работы. При накапливании отложений происходит снижение относительного внутреннего КПД турбины, возникает шероховатость поверхности лопаточного аппарата, уменьшаются проходные сечения для пара, и в результате падает мощность турбины, сокращается подача энергии потребителям. Уже при небольших количествах отложений в турбинах ощутимо уменьшается их КПД. Так, снижение КПД на 1–2 % у конденсационных турбин мощностью 100 МВт происходит при накапливании всего 1 кг отложений в их проточной части. У турбин мощностью 300 МВт при накапливании 1 кг отложений КПД снижается примерно на 0,5–1 %.

На первый взгляд уменьшение КПД паровых турбин на 1–2 % и снижение их мощности на 2–5 % представляются незначительными. Но в действительности при огромных масштабах производства электроэнергии тепловыми паротурбинными станциями нашей страны (так установленная мощность электростанций России по состоянию на 01.01.2001 г. – 215 млн. кВт, в том числе тепловых, работающих на органическом топливе – 149 млн. кВт) каждая доля процента оборачивается значительными перерасходами топлива из-за снижения КПД, понижением надежности энергоснабжения из-за снижения резервов электрической мощности и, возможно, в этой связи – недовыработкой продукции на промышленных предприятиях.

Источником образования отложений в турбинах являются примеси, содержащиеся в поступающем паре. Чем выше его качество, т.е. чем меньше в паре примесей, образующих твердые отложения на лопатках турбины, тем ближе ее КПД и мощность к расчетным значениям. Следовательно, для обеспечения экономической работы необходимо, чтобы по содержанию отдельных примесей перегретый пар отвечал определенным требованиям.

Это в свою очередь связано с выполнением ряда требований к качеству питательной воды котлов уже не из условий предотвращения отложений в самих котлах, а из условий получения чистого пара для предотвращения отложений в турбинах.

Присутствие ряда примесей в паре и воде, безразличных в отношении образования отложений в котлах и турбинах, таких, например, как растворенные газы нитратов и нитритов, является, тем не менее, нежелательным, потому что они обуславливают или интенсифицируют процессы коррозии металлов, соприкасающихся с рабочей средой.

Предупреждение коррозионных разрушений оборудования, уменьшение степени загрязнения пара и воды продуктами коррозии, уменьшение в котлах и турбинах отложений, содержащих окислы металлов – эти задачи относятся к организации водно-химического режима всей станции в целом, поскольку практически все участки пароводяного тракта в той или иной мере подвержены коррозии.

Итак, общими задачами водоподготовки и рациональной организации водно-химического режима на ТЭС, котельной является:

- предотвращение образований на внутренних поверхностях парообразующих и пароперегревательных труб отложений кальциевых соединений и окислов железа, а в проточной части паровых турбин отложений соединений меди, железа, кремниевой кислоты и натрия;

- защита от коррозии конструкционных металлов основного и вспомогательного оборудования ТЭС, котельных и теплофикационных систем в условиях их контакта с водой и паром, а также при нахождении их в резерве.

Требования к водно-химическому режиму паротурбинных электростанций и котельных находят свое выражение в нормировании содержания различных примесей в воде и паре основного цикла ТЭС, в водах тепловой сети и системы охлаждения конденсаторов турбин. Для основного цикла устанавливаются нормы качества пара, поступающего в турбину, конденсата, добавочной и питательной воды котлов. Для теплофикационного цикла устанавливаются нормы добавочной и сетевой воды, для системы охлаждения – нормы охлаждающей воды.

Рассмотрение организаций водяного режима по отдельным участкам пароводяного тракта ТЭС позволяет учесть особенности поведения примесей на всех этих участках, а также выявить влияние и взаимозависимость водных режимов отдельных агрегатов и таким образом установить совокупность всех вопросов, характеризующих водный режим станции, котельных в целом.

Химический контроль – основа водно-химического режима

Одной из основных задач химического контроля является оценка состояния эксплуатирующегося теплоэнергетического оборудования в отношении коррозии и образования различного вида отложений. Определение количества и состава отложений (взятых во время остановов оборудования, с вырезанных образцов труб экранов, пароперегревателей, снятых с рабочих и направляющих лопаток турбин) позволяет судить об эффективности ведения водного режима за предшествующий период.

Визуальные осмотры, несмотря на их очевидную полезность, не могут дать количественной характеристики коррозионных повреждений и загрязнений оборудования отложениями. Эти осмотры должны сочетаться с измерениями количества отложений, анализом их состава, измерением их механических свойств, определением глубины коррозионных повреждений и их распространением по поверхности металла. Для того чтобы судить о состоянии водного режима на работающей установке, когда возможность «заглянуть внутрь» полностью исключена, остается другой путь наблюдения за протеканием отдельных физико-химических процессов – следить за изменением концентраций тех примесей в рабочей среде, которые могут участвовать в этих процессах.

Химический контроль рабочей среды на разных участках пароводяного тракта призван характеризовать фактическое состояние водного режима и его соответствие или размеры отклонений от действующих норм. Как известно, нормы качества пара, питательной и котловой воды содержат перечень ряда показателей; их принято называть нормируемыми (должны быть указаны пределы, в которых может изменяться значение каждого показателя).

Для того чтобы иметь представление о фактическом качестве пара и воды на всех пароводяных трактах, для которых установлены нормы, необходимо отбирать пробы рабочей среды и систематически выполнять их анализы. Такой повседневный контроль называют эксплуатационным или текущим химическим контролем. Не следует думать,

что только средствами химического контроля можно вскрыть причины нарушений водного режима. Для этого используются и другие виды контроля, в частности, за температурой и давлением рабочей среды, режимными факторами работающего оборудования и т.п. В сочетании с другими видами контроля химический контроль признан помочь выяснению причин нарушений водного режима теплоэнергетической установки. В основу химического контроля взят действующий директивный документ ПТЭ 2003 г. Российской Федерации, так как он обязателен для тепловых электростанций и котельных, работающих на органическом топливе, тепловых сетей Российской Федерации и другой собственности.

Химический контроль на электростанции и котельных должен обеспечивать:

- своевременное выявление нарушений режимов работы водоподготовительного, теплоэнергетического и теплосетевого оборудования, приводящих к коррозии, накипеобразованию и отложениям;
- определение качества воды, пара, конденсата, отложений, реагентов, консервирующих и промывочных растворов, топлива, шлака, золы, газов, масел и сточных вод;
- проверку загазованности производственных помещений, баков, колодцев, каналов и других объектов;
- определение количества вредных выбросов электростанцией и котельной в окружающую среду.

Эксплуатация энергообъекта может быть разрешена только после оснащения его подразделений, выполняющих количественный химический анализ, необходимым оборудованием, прошедшим отраслевую экспертизу, комплектом требуемых нормативных документов. Подразделения, выполняющие количественный химический анализ, должны быть полностью укомплектованы квалифицированным персоналом, прошедшим соответствующее обучение и инструктаж, иметь действующее свидетельство об аттестации.

На всех контролируемых участках пароводяного тракта должны быть установлены отборники проб воды и пара с холодильниками для охлаждения проб до 20–40 °С.

Пробоотборные линии и поверхности охлаждения холодильников должны быть выполнены из нержавеющей стали.

На тепловых электростанциях с энергоблоками мощностью 200 МВт и более и на ТЭЦ с агрегатами мощностью 50 МВт и более линии отбора проб должны быть выведены в специальное, имеющее вентиляцию, помещение, примыкающее к экспресс-лаборатории.

В дополнение к внутреннему осмотру оборудования должны быть организованы вырезки образцов труб, а также отбор отложений из проточной части турбин, подогревателей и др.

Места и периодичность вырезки образцов труб должны определяться в соответствии с действующими нормативными документами.

На основании внутреннего осмотра оборудования и оценки количества и химического состава отложений должен быть составлен акт о состоянии внутренней поверхности оборудования, о необходимости проведения эксплуатационной химической очистки и принятия других мер, препятствующих коррозии и образованию отложений.

Обработка котловой воды.

Нормы качества котловой воды устанавливаются с целью предотвращения отложений и коррозии в тракте котла. В паровых котлах наиболее прочную накипь образует CaSO_4 . С целью предотвращения этого в котлах с давлением до 1,6 МПа

поддерживают щелочной режим. При этом происходит распад бикарбоната натрия и выпадение в осадок CaCO_3 , который при фосфатировании образует шлам, не образующий накипи и легко удаляемый с продувкой. При более высоком давлении щелочение не помогает избавиться от накипи. Поэтому применяют чисто фосфатный режим.

Основные отложения образуют соединения железа.

Для обеспечения необходимого уровня содержания железа в питательной воде предусматривается комплекс мероприятий:

- использование известкования или коагуляции на предочистке. При любом начальном содержании соединений железа они снижаются до 50 мкг/кг;
- применение двухступенчатого Na-катионирования;
- аминирование потока пара и питательной воды (добавление раствора аммиака или сульфата аммония в питательную воду, содержание аммиака не более 1000 мкг/кг из-за коррозии медных сплавов);
- рН питательной воды на уровне 8,5 – 10,0;
- термическая деаэрация, обеспечивающая глубокое обескислороживание;
- трилонирование, с целью удаления железоокисных соединений.

Комплексообразователи создают условия, при которых примеси остаются или в растворённом состоянии или в виде тонкой взвеси, не прикипающей к поверхности нагрева и удаляемые с продувкой. Комплексообразователь трилон Б (динатриевая соль этилендиаминотетрауксусной кислоты).

Нормы относительной щелочности введены как средство борьбы со щелочной хрупкостью металла барабанов (интеркристаллитная коррозия), которая возникает при сочетании трёх факторов: местные напряжения в металле (клёпка, вальцовка, сварка); воздействие высоких концентраций щелочи; отсутствие пассиваторов.

Так как трилон Б дорог и дефицитен, то чаще применяют фосфатирование. Полифосфаты являются потенциально кислыми солями. Их применение допустимо для котлов с повышенной щелочностью котловой воды (более 6 мг экв/кг в солевом отсеке).

При фосфатировании устанавливаются нормы качества котловой воды указанные в таблице 1. В последнее время активно применяются противонакипные и антикоррозионные реагенты – комплексоны ОЭДФ-Zn и НТФ-Zn. Предлагаемая технология обработки воды позволяет эксплуатировать без дополнительной обработки:

- паровые и водогрейные котлы;
- теплообменное оборудование;
- наружные и внутридомовые тепловые сети;
- производить отмывку ранее образовавшейся накипи и отложений при нормальной работе оборудования.

Таблица 1 – Нормы качества котловой воды

Режим фосфатирования	Доля NaOH в общем солесодержании, %	Содержание фосфатов $3-\text{PO}_4$, мг/кг		
		Бесступенчатое испарение	Ступенчатое испарение	
			Чистый отсек	Солевой отсек
Обычный:				
а) щелочно-солевой	10	5-15	5-10	менее 75

б) чистофосфатной щелочности	отсутствует			
Пониженного избытка фосфатов:				
а) щелочно-солевой	10	1-5	1-5	менее 30
б) чистофосфатной щелочности	отсутствует			

Определение необходимой продувки котла и способы ее уменьшения.

В барабанных котлах для поддержания требуемого значения солесодержания и удаление шлама применяется продувка. Продувка бывает периодическая и непрерывная.

Для небольших котельных (производительностью менее 20 т/ч), если тепло продувочной воды (пара и воды) может быть использовано в тепловой схеме котельной (такая возможность имеется в котельных, где возврат конденсата не превышает 50 %) экономически целесообразно увеличить продувку до 20 %. По условиям надёжности циркуляции такой размер продувки допустим для всех котлов, кроме котлов с выносными циклонами. Пар, отделяемый в сепараторе (расширителе продувки), направляется в деаэрактор, а продувочная вода из расширителя подаётся на ВВП добавочной воды. Концентрат используется для регенерации фильтров.

Режим периодической и непрерывной продувки производят согласно режимной карте, разработанной наладочной организацией и утвержденной администрацией, при этом производится подпитка котла до верхнего уровня. Качество пара, вырабатываемого котлом, устанавливается требованиями потребителя. Для котлов с естественной циркуляцией и давлением до 4 МПа: натрий, Na^+ , мг/кг – 100; углекислота, CO_2 , мг/кг – 20; кремнекислота 2– 3 SiO_2 , мг/кг – не нормируется. С целью обеспечения требуемой чистоты пара при снижении величины продувки применяется ступенчатое испарение. (Котлы производительностью более 10 т/ч и выше изготавливаются со ступенчатым испарением).

Пар чистого отсека чище, чем пар парогенератора бесступенчатого испарения, а пар солевого отсека имеет такое же качество.

Таким образом, в целом качество пара лучше.

Кроме ступенчатого испарения применяют и другие методы улучшения качества пара: - установка внутри барабана сепарационных устройств: перегородок, жалюзи, дырчатых (паропромывных) листов, внутрициклонных инерционных сепараторов. Эти устройства уменьшают вспенивание воды и унос брызг; - промывка пара питательной водой (т. к. питательная вода имеет более низкую концентрацию солей, чем котловая вода, то пар, проходя через питательную воду, очищается).

Подвод питательной воды осуществляется при помощи трубы с отверстиями на дырчатый желоб; - очистка пара в выносных циклонах. Принцип работы циклона основан на отделении жидкости от пара за счет центробежных сил. Продувка осуществляется из циклона.

С целью сокращения потерь тепла и конденсата, в тепловой схеме котельной применяется расширитель продувки. Котловая вода (продувка котла) поступает в расширитель, давление в котором ниже, чем давление в барабане котла и, вследствие этого, происходит вторичное вскипание перегретой жидкости. Образующийся вторичный пар отводится на деаэрактор, а оставшаяся продувочная вода с более низкой энтальпией

через теплообменник подогрева исходной воды сбрасывается в канализацию или используется для приготовления регенерационного раствора.

Организация контроля за водоподготовкой и водно-химическим режимом.

Водоподготовка и водно-химический режим, а также контроль работы оборудования, должны осуществляться в соответствии со строгой периодичностью, которую устанавливают специалисты наладочной организации. При этом обязательно учитываются технологические характеристики исходной воды, а также техническое состояние водоочистительного оборудования. Периодичность, с которой осуществляется контроль свойств исходной, сетевой и подпиточной воды, а также той, которая находится в распределительной сети тепловых сетей и источников тепла, должна определяться в полном соответствии с требованиями стандартов и санитарно-гигиенических правил. На основании установленной периодичности разрабатывается график проведения химического контроля водно-химического режима и систем водоочистки и водоподготовки.

Способы деаэрации исходной воды для паровых котлов, а также подпиточной воды, используемой в тепловых сетях, в системах теплоснабжения, а также разработка новых химических способов очистки сточных вод, технологий водоочистки и водоподготовки должны разрабатываться только сертифицированными специалистами наладочной или проектной организации. При этом обязательно следует учитывать характеристики исходной воды и назначение котельной, санитарные требования, предъявляемые к теплоносителям и к конструкции теплопотребляющего оборудования. И очень важно обращать внимание на условия безопасного обслуживания и эксплуатации устройств водоподготовки и водоочистки, а также на технико-экономические показатели, которые должны соответствовать требованиям завода-изготовителя.

Что касается водно-химического режима внутри нагревательных котлов, то его коррекция в большинстве случаев определяется специалистами наладочной организации после проведения теплотехнических испытаний. Следует обязательно помнить, что без внутрикотловой или докотловой обработки исходной воды запуск котлов в эксплуатацию категорически запрещается. Малейшие изменения в проектных схемах водоподготовки или в конструкции устройств, могущих повлиять на функциональность водоподготовительных установок или на водно-химический режим котельной, следует обязательно согласовывать со специалистами проектной организации.

Водоподготовка и водно-химический режим в котельных должны подвергаться ревизии не реже одного раза в три года. Для проведения такой ревизии следует привлекать сторонних специалистов. По результатам проведенной проверки необходимо вносить соответствующие изменения в работу водонагревательных устройств, а также в инструкцию по соблюдению водно-химического режима и эксплуатации установок водоподготовки. Для этих целей предусмотрены специальные режимные карты по контролю выполнения водно-химического режима и эксплуатации установок подготовки воды.

5. Котельные установки и вспомогательное оборудование

Тема 1. Котельные установки.

Устройства, предназначенные для получения пара или горячей воды повышенного давления за счёт теплоты, выделяемой при сжигании топлива или подводимой от посторонних источников (обычно с горючими газами), называют котлами. Они делятся соответственно на котлы паровые и котлы водогрейные. Котлы, использующие (т.е.

утилизирующие) теплоту отходящих из печей газов или других основных и побочных продуктов различных технологических процессов, называют котлами-утилизаторами.

С целью обеспечения стабильной и безопасной работы котла его снабжают вспомогательным оборудованием, служащим для подготовки и подачи топлива, воздуха, очистки и подачи воды, отвода продуктов сгорания и их очистки от золы и токсичных примесей, удаления золошлаковых остатков.

Комплекс устройств, включающий в себя собственно котел и вспомогательное оборудование, называют котельной установкой.

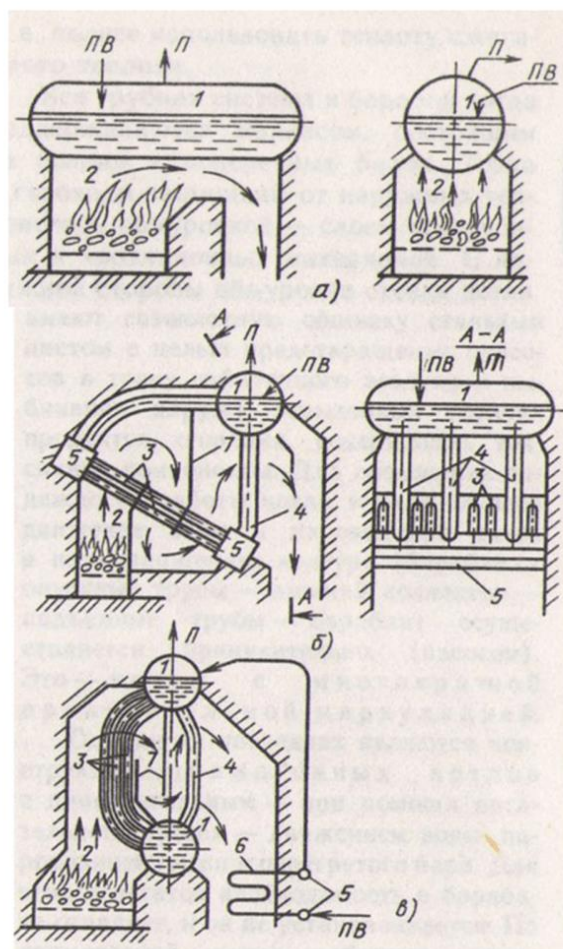
Котельные установки, снабжающие паром турбины тепловых электрических станций, называют **энергетическими**. Для снабжения паром производственных потребителей и отопления зданий в ряде случаев создают специальные производственные и отопительные котельные установки.

В качестве источников теплоты для котельных установок используются природные и искусственные топлива, отходящие газы промышленных печей и других устройств, солнечная энергия, энергия деления ядер тяжелых элементов (урана, плутония) и т.д.

5.1.1 Паровой котел и его основные элементы.

Развитие конструкций котлов.

Исторически развитие паровых котлов шло в направлении повышения паропроизводительности, параметров производимого пара (давления и температуры), надёжности и безопасности в эксплуатации, увеличения экономичности (КПД) и снижения массы металлоконструкций, приходящейся на 1 т вырабатываемого пара.

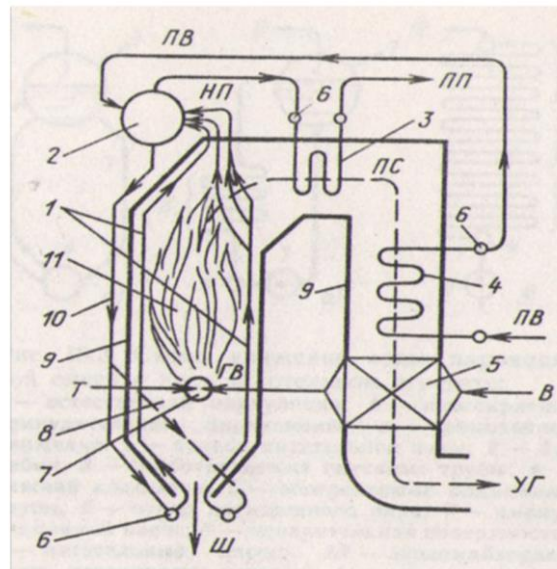


а — простой цилиндрический котел; б — водотрубный котел с наклонным трубным пучком; в — двухбарабанный вертикально-водотрубный котел. Стрелками показано движение продуктов сгорания в газоходах: 1 — барабан; 2 — топка; 3 — трубы кипящего (испарительного) пучка; 4 — опускные трубы; 5 — коллекторы, объединяющие трубы поверхностей нагрева; 6 — водяной экономайзер для предварительного подогрева воды перед подачей ее в барабан; 7 — перегородки в газоходах котла; ПВ — питательная вода; П — пар

Рисунок 1 - Схема развития паровых котлов

Исходным типом современных котлов был простой цилиндрический котел (рисунок 1. а), выполненный в виде горизонтального барабана с топкой под ним. Стенки барабана были одновременно и поверхностью нагрева. В дальнейшем увеличение поверхности нагрева шло по двум направлениям. В одном случае непосредственно в водяном пространстве барабана размещались большие и малые трубы; при этом большие одновременно являлись топкой (котлы с жаровыми трубами), а по малым пропускались продукты сгорания (котлы с дымогарными трубами).

В другом случае к барабану присоединялись дополнительные наружные трубные поверхности нагрева — кипятельные пучки, заполненные водой и обогреваемые топочными газами (водотрубные котлы).



ПВ — подача питательной воды; НП — линия насыщенного пара; ПП — отвод перегретого пара; Т — подача топлива к горелке; В — подвод воздуха к воздухоподогревателю; ГВ — горячий воздух; ПС — УГ — тракт продуктов сгорания топлива и уходящих (из котла) газов; Ш — шлак; 1 — экранные трубы; 2 — барабан; 3 — пароперегреватель; 4 — водяной экономайзер; 5 — воздухоподогреватель; 6 — коллекторы; 7 — горелка; 8 — топка; 9 контур (стена) топки и газоходов; 10 — опускная труба; 11 — излучающий теплоту топочный факел

Рисунок 2 - Современный вертикально-водотрубный барабанный паровой котел с естественной циркуляцией

Уменьшение диаметра труб этих поверхностей и увеличение их количества вели к росту удельной поверхности нагрева ($\text{м}^2/\text{м}^3$ объема газохода). В котлах этого типа движение среды через кипяtilьный пучок труб обеспечивалось за счёт естественной циркуляции: пароводяная смесь в трубах кипяtilьного (испарительного) пучка, которая, естественно, легче воды, поднималась вверх, вытесняемая водой, поступающей из барабана по **опускным трубам**. Чтобы предотвратить образование пароводяной смеси в опускных трубах и уменьшить их сопротивление, увеличивали их диаметр по сравнению с подъемными — кипяtilьными (рисунок 18.1, б) и уменьшали обогрев, располагая их в зоне более низких температур продуктов сгорания (рисунок 18.1, в). В дальнейшем опускные трубы вынесли за изоляционную стенку (обмуровку) котла (рисунок 2). Использование вертикальных трубок в качестве кипяtilьного пучка (1, в) повысило надёжность циркуляции пароводяной смеси в них. Котлы этого типа получили название **вертикальноводотрубных**. Впоследствии вертикальные (подъёмные) трубы испарительной поверхности нагрева стали располагать и на стенах топки. Так появились **экранные поверхности нагрева**. (Название связано с тем, что они, выполняя свою основную функцию в качестве испарительной поверхности, ещё и экранируют стены топки от излучения топочного объема, препятствуя налипанию на них размягченного шлака и золы.) Вместо нижних барабанов в качестве **коллекторов** (рисунки 2, 1, 6), объединяющих трубы поверхностей нагрева и являющихся переходными элементами между ними и опускными трубами, в котлах высокого давления используются цилиндрические камеры (трубы) относительно небольшого диаметра. Барабан постепенно перестал играть роль поверхности нагрева. Более того, стремление повысить надёжность работы котла явилось причиной выноса барабана из зоны обогрева.

Целесообразность перегрева пара для энергетических установок потребовала размещения специальных поверхностей нагрева — **пароперегревателей**. Так, к середине XX века оформилась принципиальная схема конструкции барабанного вертикально-водотрубного котла с многократной естественной циркуляцией, имеющего экранированную топку (рисунок 2).

Устройство современного парового котла.

Одна из схем котла с естественной циркуляцией приведена на рисунок 2. Барабанный паровой котел состоит из топочной камеры и газоходов, барабана, поверхностей нагрева, находящихся под давлением рабочей среды (воды, пароводяной смеси, пара), воздухоподогревателя, соединительных трубопроводов и воздуховодов.

Топливо подается к горелкам 7 (рисунок 2). К горелкам подводится также воздух, предварительно нагретый уходящими из котла газами в воздухоподогревателе 5. Топливоздушная смесь, подаваемая горелками в топочную камеру (топку) 8 парового котла, сгорает, образуя высокотемпературный (примерно 1500 °С) факел, излучающий теплоту на трубы 1, расположенные на внутренней поверхности стен тонки. Это испарительные поверхности нагрева — экраны. Отдав часть теплоты экранам, топочные газы с температурой около 1000 °С проходят через верхнюю часть заднего экрана, трубы которого здесь разведены в два-три ряда, и омывают пароперегреватель 3. Затем продукты сгорания движутся через водяной экономайзер, воздухоподогреватель и покидают котел с температурой около 110 °С — 150 °С.

Вода, поступающая в паровой котел, называется питательной. Она подогревается в водяном экономайзере 4, забирая теплоту от продуктов сгорания (уходящих газов), экономя тем самым теплоту сожженного топлива. Испарение воды происходит в экранных трубах 1. Испарительные поверхности подключены к барабану 2 и вместе с опускными трубами 10, соединяющими барабан с нижними коллекторами экранов, образуют циркуляционный контур. В барабане происходит разделение пара и воды, кроме того, большой запас воды в нём повышает надёжность работы котла. Сухой насыщенный пар из барабана поступает в пароперегреватель 3, перегретый пар направляется к потребителю.

Все поверхности нагрева котла, в том числе и воздухоподогреватель, как правило, трубчатые. Лишь некоторые мощные паровые котлы имеют воздухоподогреватели иной конструкции.

Нижнюю трапециевидную часть топки котельного агрегата называют холодной воронкой. В ней охлаждается выпадающий из факела частично спекшийся зольный остаток, который в виде шлака проваливается в специальное приемное устройство. Газомазутные котлы не имеют холодной воронки.

Газоход, в котором расположены водяной экономайзер и воздухоподогреватель, называют конвективным (конвективная шахта), в нём теплота передаётся воде и воздуху в основном конвекцией. Поверхности нагрева, встроенные в этот газоход и называемые также хвостовыми, позволяют снизить температуру продуктов сгорания от 500 — 700 °С после пароперегревателя почти до 100 °С, т.е. полнее использовать теплоту сжигаемого топлива.

Вся трубная система и барабан котла поддерживаются каркасом, состоящим из колонн и поперечных балок. Топка и газоходы защищены от наружных теплопотерь обмуровкой — слоем огнеупорных и изоляционных материалов. С наружной стороны обмуровки стенки котла имеют газоплотную обшивку стальным листом с целью предотвращения присосов в топку избыточного воздуха и выбивания наружу запыленных горячих продуктов сгорания, содержащих токсичные компоненты. Для повышения

надёжности работы котла в ряде случаев движение воды и пароводяной смеси в циркуляционном контуре (барабан — опускные трубы — нижний коллектор — подъёмные трубы — барабан) осуществляется принудительно (насосом). Это — котлы с многократной принудительной циркуляцией.

Одними из последних являются конструкции **прямоточных** котлов с принудительным — при помощи питательного насоса — движением воды, пароводяной смеси и перегретого пара. Для этих агрегатов необходимость в барабане отпадает, и он не устанавливается. По прямоточной схеме работают также практически все водогрейные котлы, не имеющие ни испарительных, ни перегревающих поверхностей. Основные схемы движения потока вода — пароводяная смесь — пар в современных котельных агрегатах показаны на Рисунке 3.

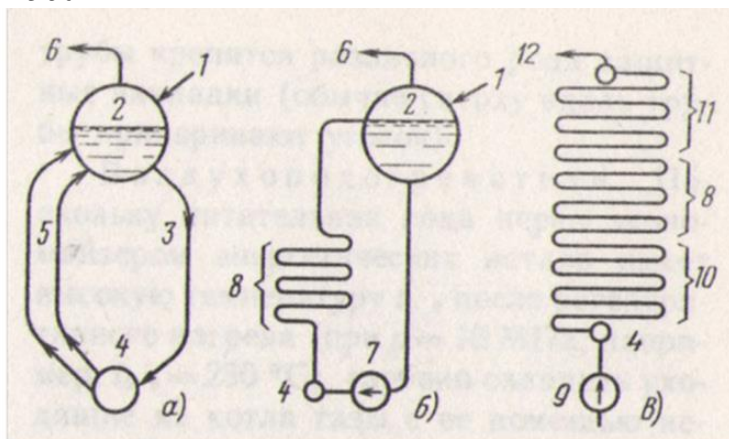
В газоходах и топке котла за счет тяги специально устанавливаемого дымососа поддерживается разрежение. Оно не позволяет продуктам сгорания выбиваться в атмосферу котельного цеха через возможные неплотности обмуровки, через лючки и лазы.

Паровые котлы оснащаются системами дистанционного управления и автоматизации, обеспечивающими надёжную, безопасную и экономичную их работу.

На предприятиях страны установлены изготовленные отечественными заводами паровые котлы различных конструкций. Размеры паровых котлов также различны.

Некоторые в собранном виде можно перевозить автомобильным транспортом; в то же время крупнейшие котлы тепловых электрических станций имеют высоту до 100 м.

Наиболее крупными из выпускаемых в настоящее время котлов являются энергетические. Их паропроизводительность достигает 4000 т/ч, а мощность питающейся от них турбины может достигать до 1200 МВт, давление пара — до 25 МПа, температура перегретого пара — до 560 °С.



- а* — естественная циркуляция; *б* — многократно-принудительная циркуляция;
в — прямоточное движение; 1 — подвод питательной воды; 2 — барабан;
 3 — необогреваемые опускные трубы; 4 — нижний коллектор; 5 — обогреваемые
 подъемные трубы; 6 — отвод насыщенного пара; 7 — циркуляционный насос;
 8 — испарительная поверхность; 9 — питательный насос; 10 — экономайзерная
 часть поверхности нагрева; 11 — пароперегревательная часть поверхности нагрева;
 12 — отвод перегретого пара

Рисунок 3 - Схемы движения воды, пароводяной смеси и пара в котельном агрегате

Поверхности нагрева котла

Испарительные поверхности

Парогенерирующие (испарительные) поверхности нагрева отличаются друг от друга в котлах различных систем, но, как правило, располагаются в основном в топочной камере и воспринимают теплоту излучения. Это — экранные трубы, а также устанавливаемый на выходе из топки небольших котлов конвективный пучок труб (смотри рисунок 18.1).

Экраны котлов с естественной циркуляцией, работающих под разрежением в топке, выполняются из гладких труб с внутренним диаметром 40—80 мм. Экраны представляют собой ряд параллельно включенных вертикальных подъемных труб, соединенных между собой коллекторами. Зазор между трубами обычно составляет 4 — 6 мм. Размеры топки и величину поверхности экранов рассчитывают таким образом, чтобы на выходе из топки температура продуктов сгорания не превышала температуру размягчения золы, иначе зола будет прилипать к деталям котла, расположенным за топкой, и забьёт («зашлакует») путь для прохода газа.

Пароперегреватели

Пароперегреватель предназначен для повышения температуры пара, поступающего из испарительной системы котла. Его трубы (диаметром 22 — 54 мм) могут располагаться на стенах или потолке топки и воспринимать теплоту излучением — радиационный пароперегреватель либо в основном конвекцией — **конвективный** пароперегреватель. В этом случае трубы пароперегревателя располагаются в горизонтальном газоходе или в начале конвективной шахты.

Температура перегретого пара должна поддерживаться постоянной всегда, независимо от режима работы и нагрузки котлоагрегата, поскольку при её понижении повышается влажность пара в последних ступенях турбины, а при повышении температуры сверх расчётной появляется опасность чрезмерных термических деформаций и снижения прочности отдельных элементов турбины. Поддерживают температуру пара на постоянном уровне с помощью регулирующих устройств — пароохладителей. Наиболее широко распространены пароохладители впрыскивающего типа, в которых регулирование производится путем впрыскивания обессоленной воды (конденсата) в поток пара. Вода при испарении отнимает часть теплоты у пара и снижает его температуру.

Низкотемпературные поверхности нагрева

Низкотемпературными считаются поверхности, расположенные в конвективном газоходе и работающие при относительно невысоких температурах продуктов сгорания. К ним относятся водяные экономайзеры и воздухоподогреватели. Основная цель их установки — максимальное использование теплоты уходящих из котла газов.

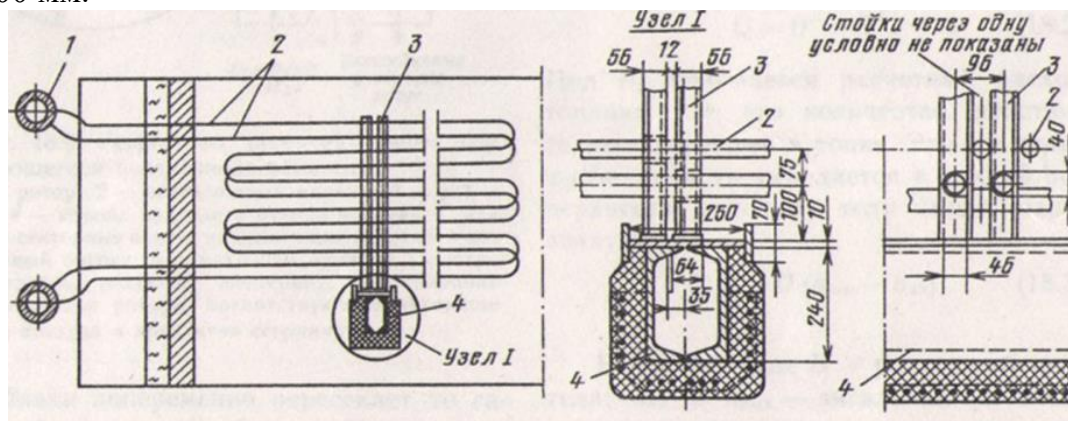
Водяные экономайзеры, предназначенные для подогрева питательной воды, обычно выполняют из стальных труб диаметром 28 — 38 мм, согнутых в вертикальные змеевики и скомпонованных в пакеты. Трубы в пакетах располагаются в шахматном порядке довольно плотно: расстояние между осями соседних труб поперек потока дымовых газов составляют 2 — 2,5 диаметра трубы, а между рядами — вдоль потока — 1 - 1,5. Крепление труб змеевиков и их дистанционирование осуществляются опорными стойками, закрепленными в большинстве случаев на полах (для воздушного охлаждения), изолированных со стороны горячих газов балках каркаса (рисунок 4).

В экономайзере котлов высокого давления до 20 % воды может превращаться в пар.

Общее число параллельно работающих труб выбирается исходя из скорости воды не ниже 0,5 — 1 м/с. Эти скорости обусловлены необходимостью смывания со стенок труб

пузырьков воздуха, способствующих коррозии, и предотвращения расслоения пароводяной смеси, которое может привести к перегреву слабо охлаждаемой паром верхней стенки трубы и ее разрыву. Движение воды в экономайзере обязательно восходящее; в этом случае имеющийся в трубах после монтажа (ремонта) воздух легко вытесняется водой.

Число труб в пакете в горизонтальной плоскости выбирается исходя из скорости продуктов сгорания 6 — 9 м/с. Скорость эта определяется стремлением, с одной стороны, получить высокие коэффициенты теплоотдачи, а с другой — не допустить чрезмерного золотого износа. Коэффициенты теплопередачи при этих условиях составляют обычно несколько десятков Вт/(м²К). Для удобства ремонта и очистки труб от наружных загрязнений экономайзер разделяют на пакеты высотой 1 — 1,5 м с зазорами между ними до 800 мм.



1 — коллектор; 2 — трубы змеевиков экономайзера; 3 — стойки;
4 — опорная воздухоохлаждаемая балка

Рисунок 4 - Секция (пакет) водяного экономайзера и его крепление

Наружные загрязнения с поверхности змеевиков удаляются, например, путём периодического включения в работу системы дробеочистки, в которой поток металлической дроби пропускается (падает) сверху вниз через конвективные поверхности нагрева, сбивая налипшие на трубы отложения. Налипание золы может быть следствием выпадения росы из дымовых газов на относительно холодной поверхности труб, особенно при сжигании сернистых топлив (пары H₂SO₃ конденсируются при более высокой температуре, чем H₂O). В теплоэнергетических установках питательная вода перед поступлением в котёл обязательно подвергается регенеративному подогреву, поэтому ни налипания золы, ни наружной коррозии (ржавления) труб вследствие выпадения росы в экономайзерах таких котлов не бывает.

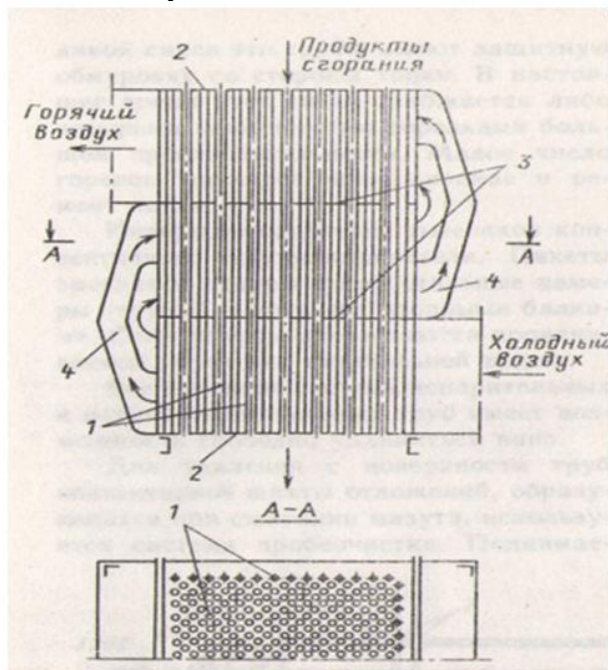
Верхние ряды труб экономайзера при работе котла на твёрдом топливе даже при относительно невысоких скоростях газов подвержены заметному износу золой.

Для его предотвращения на эти трубы крепятся различного рода защитные накладки (обычно сверху вдоль трубы приваривают уголок).

Воздухоподогреватели

Поскольку питательная вода перед экономайзером энергетических котлов имеет высокую температуру $t_{н\text{ в}}$ после регенеративного нагрева (при $p = 10$ МПа, например, $t_{н\text{ в}} = 230$ °С), глубоко охладить уходящие из котла газы с её помощью нельзя. Для дальнейшего охлаждения газов после экономайзера ставят воздухоподогреватель, в котором нагревают воздух, забираемый из атмосферы и идущий затем в топку на горение. При сжигании влажного угля нагретый воздух предварительно используется для его сушки в углеразмольном устройстве и транспортировки полученной пыли в горелку.

По принципу действия воздухоподогреватели разделяются на рекуперативные и регенеративные. Рекуперативные — это, как правило, стальные трубчатые воздухоподогреватели (диаметр трубок 30 — 40 мм). Схема такого подогревателя приведена на Рисунок 5.



1 — трубки; 2 — трубные доски; 3 — перегородка;
4 — перепускные короба

Рисунок 5 - Рекуперативный трубчатый трехходовой воздухоподогреватель

Трубки в нём расположены обычно вертикально, внутри них движутся продукты сгорания; воздух омывает их поперечным потоком в несколько ходов, организуемых за счет перепускных воздухопроводов (коробов) и промежуточных перегородок.

Газ в трубках движется со скоростью 9 — 13 м/с, воздух между трубками — вдвое медленнее. Это позволяет иметь примерно равные коэффициенты теплоотдачи с обеих сторон стенки трубы.

Температуру стенок труб воздухоподогревателя во избежание конденсации на них водяных паров из уходящих газов желательно поддерживать выше точки росы. Этого можно достичь предварительным подогревом воздуха в паровом калорифере либо рециркуляцией части горячего воздуха.

Регенеративный воздухоподогреватель котла (рисунок 6) представляет собой медленно вращающийся ($3 — 5 \text{ с}^{-1}$) барабан (ротор) с набивкой (насадкой) из гофрированных тонких стальных листов, заключенный в неподвижный корпус. Секторными плитами корпус разделён на две части — воздушную и газовую. При вращении ротора набивка попеременно пересекает то газовый, то воздушный поток. Несмотря на то, что набивка работает в нестационарном режиме, подогрев идущего сплошным потоком воздуха осуществляется непрерывно без колебаний температуры. Движение газов и воздуха — противоточное.

Регенеративный воздухоподогреватель отличается компактностью (до 250 м^2 поверхности нагрева в 1 м^3 набивки); он широко распространен на мощных энергетических котлоагрегатах. Недостатком его являются большие (до 10 %) перетоки воздуха в тракт газов, что ведёт к перегрузкам дутьевых вентиляторов и дымососов и увеличению потерь теплоты с уходящими газами.

Все описанные тепловоспринимающие элементы котла (поверхности нагрева) являются типичными теплообменниками, и расчёт их ведется по формулам.

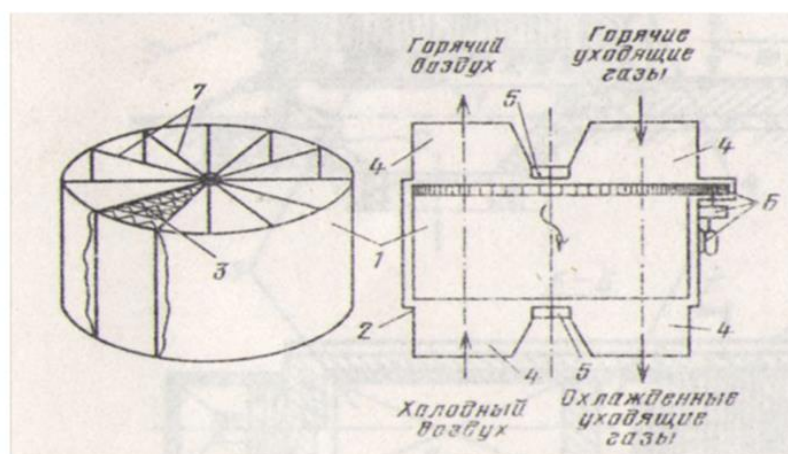
Поверхность нагрева рассчитывается по уравнению теплопередачи

$$F = \frac{B_p \cdot Q}{k \Delta t_{cp}}, \quad (18.1)$$

где k — коэффициент теплопередачи; Δt_{cp} — среднелогарифмическая разность температур продуктов сгорания и рабочей среды; $B_p Q$ — количество воспринятой теплоты.

Особенность расчёта котлов состоит в том, что его принято осуществлять для 1 кг твердого и жидкого и 1 м³ газообразного топлива. В этом случае Q — теплота, отданная продуктами сгорания 1 кг (м³) топлива и равна разности энтальпий продуктов сгорания до (H') и после (H'') рассматриваемой конвективной поверхности, т.е.

$$Q = H' - H''. \quad (18.2)$$



1 — ротор; 2 — неподвижный корпус; 3 — набивка;
4 — коробка подвода и отвод воздуха и газа; 5 — секторные плиты, разделяющие газовый и воздушный потоки; 6 — механизм привода (электродвигатель, редуктор, шестерня); 7 — сплошные перегородки ротора, препятствующие перемещению воздуха и продуктов сгорания

Рисунок 6 - Устройство регенеративного вращающегося воздухоподогревателя

Под B_p понимается расчётный расход топлива, т.е. его количество, действительно сгоревшее в топке. Это же количество теплоты передается в данной поверхности рабочему телу (воде, пару, воздуху):

$$B_p \cdot Q = D(h_{\text{вых.}} - h_{\text{вх.}}). \quad (18.3)$$

В этой формуле D — расход рабочего тела; h_{ex} и $I_{г_{вых}}$ — энтальпии рабочего тела на входе в поверхность нагрева и выходе из нее, рассчитанные, как обычно, на 1 кг рабочего тела.

5.1.2 Конструкции отечественных котлов

Барабанные котлы с естественной циркуляцией

На рисунке 7 изображены газомазутный котел марки ТГМ-84Б производительностью 420 т/ч при давлении вырабатываемого пара 13,7 МПа (140 кгс/см²) и температуре 560 °С. Этот котёл имеет сравнительно небольшие размеры (высота до оси барабана всего 28,7 м). Топка котла разделена на две симметричные камеры (полутопки) вертикальным, воспринимающим излучение с двух сторон (двусветным) экраном. Первая ступень пароперегревателя этого котла выполнена из трубных панелей, расположенных по всей высоте фронтальной стены обеих полутопок, и является фронтальным экраном. Потолок также закрыт сплошным рядом труб, образующих потолочный экран. Это — вторая часть пароперегревателя (радиационный потолочный пароперегреватель).

Третьей ступенью пароперегревателя являются разрежённые пакеты вертикальных змеевиков, так называемые ширмы, расположенные отчасти в топке и воспринимающие излучением от горячих топочных газов значительную часть теплоты. Последняя ступень — горизонтальные пакеты труб в конвективном газоходе (конвективный пароперегреватель). В результате радиацией передается до 60 % всей теплоты, воспринимаемой пароперегревателем.

Боковые экраны в нижней части имеют слабо наклоненные скаты к середине топки, образующие под. Во избежание перегрева обращенной к топке поверхности почти горизонтальных подовых труб при возможном расслоении в них пароводяной смеси эти трубы имеют защитную обмуровку со стороны топки. В настоящее время этот котел снабжается либо четырьмя, либо шестью горелками большой производительности. Малое число горелок упрощает обслуживание и ремонт котла.

Интересно крепление змеевиков конвективного пароперегревателя. Пакеты змеевиков опираются на стальные камеры (трубы), служащие опорными балками. Сами камеры охлаждаются прокачиваемой через них питательной водой.

Вся экранная система испарительных и пароперегревательных труб имеет возможность свободно удлиняться вниз.

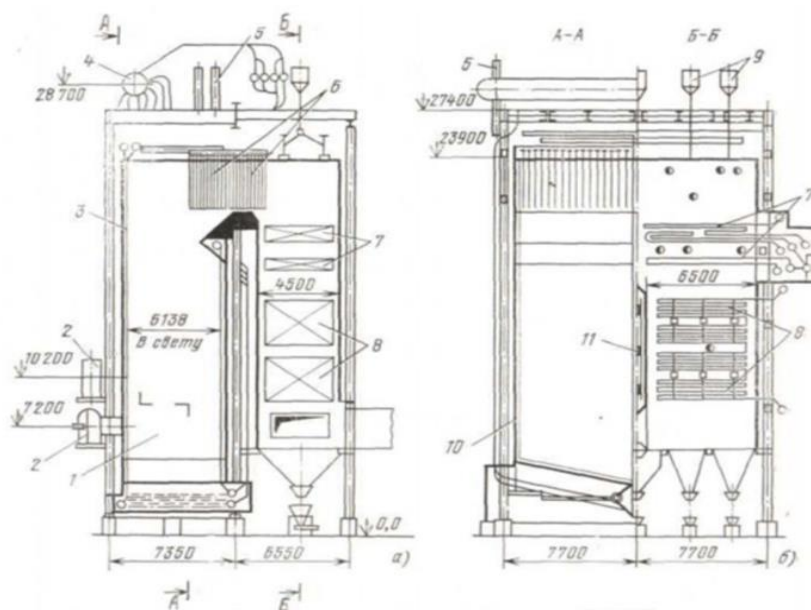
Для удаления с поверхности труб конвективной шахты отложений, образующихся при сжигании мазута, используется система дробеочистки. Поднимаемая пневмотранспортным устройством чугунная дробь выбрасывается затем в конвективную шахту и, падая, сбивает с труб накопившиеся отложения, которые уносятся затем дымовыми газами.

Вращающийся регенеративный воздухоподогреватель устанавливается на индивидуальной опорной конструкции на некотором расстоянии от котла.

Расход топлива котельным агрегатом — примерно 29 000 кг/ч мазута или 30 000 м³/ч природного газа. Температура питательной воды 230 °С; КПД котла 92,5 %; температура горячего (после воздухоподогревателя) воздуха — около 300 °С; температура уходящих газов при работе на мазуте 130 °С, при работе на природном газе 120 °С.

Основным типом паровых котлов малой производительности, широко распространенных в различных отраслях промышленности, на транспорте, в коммунальном и сельском хозяйстве (пар используется для технологических и отопительно-вентиляционных нужд), а также на электростанциях малой мощности,

являются вертикально-водотрубные котлы ДКВР производства Бийского котельного завода.

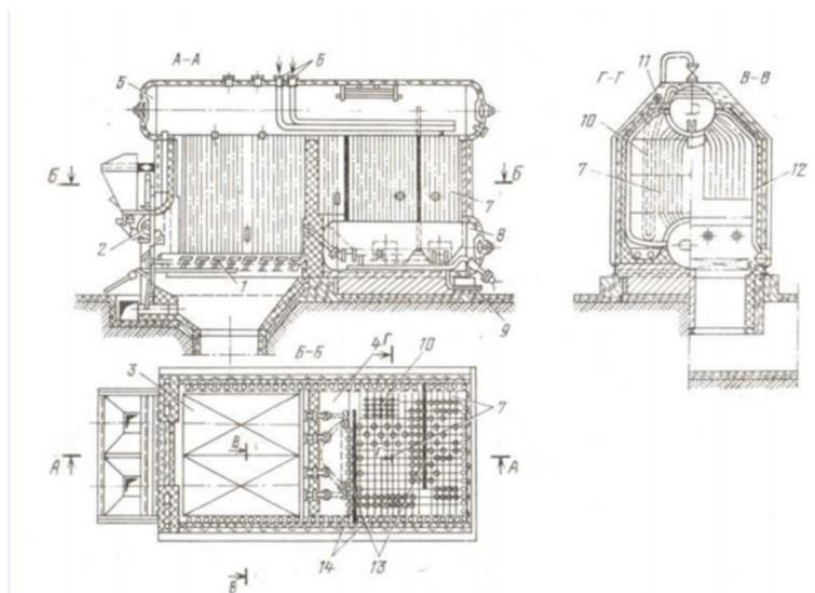


- а — продольный разрез; б — поперечный разрез; 1 — топка; 2 — горелки;
 3 — радиационный настенный пароперегреватель; 4 — барабан;
 5 — устройства сепарации пара от влаги;
 6 — ширмы пароперегревателя; 7 — конвективная часть пароперегревателя;
 8 — водяной экономайзер; 9 — дробеструйная установка; 10 — боковой экран испарительной поверхности нагрева; 11 — двусветный экран

Рисунок 7 - Газомазутный паровой котел ТГМ-84Б

Котлы этого типа выпускаются производительностью от 2,5 до 20 т/ч насыщенного или перегретого пара при давлении 1,4; 2,35 и 3,9 МПа и температуре до 440 °С. Котлы ДКВР являются унифицированными транспортабельными и поставляются заказчику: малые — в собранном виде; повышенной производительности — тремя крупными блоками.

ДКВР (рисунок 8) — двухбарабанные котлы с естественной циркуляцией и экранированной топочной камерой. Барабаны расположены вдоль оси котла, между ними размещен коридорный пучок кипяtilьных труб. Движение топочных газов — горизонтальное с поперечным омыиванием труб и поворотами. Повороты топочных газов обеспечиваются установкой перегородок, первая из которых выполнена из шамотного кирпича, вторая — из чугуна. Боковые экранные трубы верхними концами закреплены в верхнем барабане, нижние концы экранных труб приварены к нижним коллекторам. Передние опускные трубы, расположенные в обмуровке, являются также дополнительной опорой верхнего барабана. Пароперегреватель, если он имеется, размещается вместо части труб кипяtilьного пучка (обычно первого газохода). Вход пара в пароперегреватель — непосредственно из барабана, выход — в коллектор, расположенный над перекрытием топки.



1 – колосниковая решётка; 2 – устройство для подачи топлива; 3 – топка;
 4 – камера дожигания; 5 – верхний барабан; 6 – трубы подвода питательной воды;
 7 – кипящие трубы; 8 – нижний барабан; 9 – труба для продувки; 10 – трубы
 пароперегревателя; 11 – труба отвода перегретого пара из пароперегревателя;
 12 – трубы бокового экрана; 13 – перегородки;
 14 – обмуровка

Рисунок 8 - Котёл ДКВР - 6,5 - 13 - 250 со слоевой топкой для сжигания твёрдого топлива (производительность 6,5 т/ч пара с избыточным давлением 1,3 МПа и температурой 250 °С)

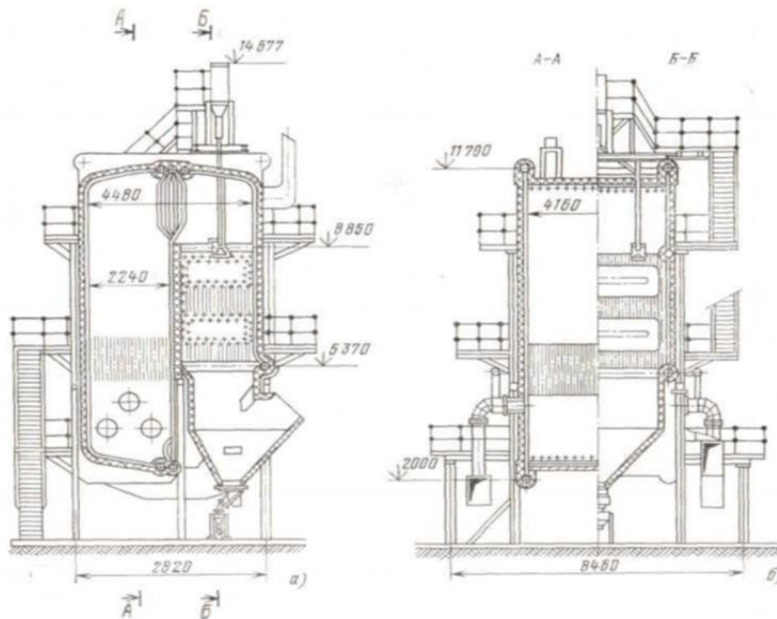
Температура уходящих из котла газов может достигать 400 °С. Поэтому за котлом часто устанавливают водяной экономайзер либо трубчатый воздухоподогреватель. Это позволяет поднять КПД котла до 90,5 %.

Водогрейные котлы

Водогрейные котлы предназначены для нагрева воды с целью отопления и использования ее для бытовых нужд. Обычно воду тепловой сети подогревают от 70 — 104 °С до 150 — 170 °С. В последнее время имеется тенденция к повышению ее температуры до 180 — 220 °С. Столь высокий уровень нагрева воды позволяет передать потребителю достаточно большое количество теплоты относительно малым расходом воды. Котлы обычно работают по прямоточной схеме с постоянным расходом воды, а количество передаваемой теплоты регулируется (в зависимости от погодных условий) температурой ее нагрева.

Во избежание конденсации водяных паров из уходящих газов и связанной с этим наружной коррозии поверхностей нагрева температура воды на входе в котёл должна быть выше точки росы для продуктов сгорания. В этом случае температура стенок труб в месте ввода воды также будет не ниже точки росы. Поэтому температура воды на входе не должна быть ниже 60 °С при работе на природном газе, 70 °С при работе на малосернистом мазуте и 110 °С при использовании высокосернистого мазута. Поскольку в теплосети вода может охлаждаться до температуры ниже 60 °С, перед входом в агрегат к ней подмешивается некоторое количество уже нагретой в котле (прямой) воды.

На рисунке 9 изображен общий вид газомазутного водогрейного котла типа ПТВМ-ЗОМ-4 теплопроизводительностью при работе на мазуте 41 МВт (35 Гкал/ч), хорошо зарекомендовавшего себя в эксплуатации. Котел имеет П-образную компоновку и оборудован шестью газомазутными горелками (по три на каждой боковой стене) с мазутными форсунками механического распыливания. Топочная камера котла полностью экранирована трубами диаметром 60 мм. Конвективная поверхность нагрева выполнена из горизонтальных труб диаметром 28 мм. Конвективная шахта также экранирована. Облегченная обмуровка котла крепится непосредственно на трубы, опирающиеся, в свою очередь, на каркасную раму. Котлы этого типа, предназначенные для работы на мазуте, оборудуются дробеочистительной установкой.

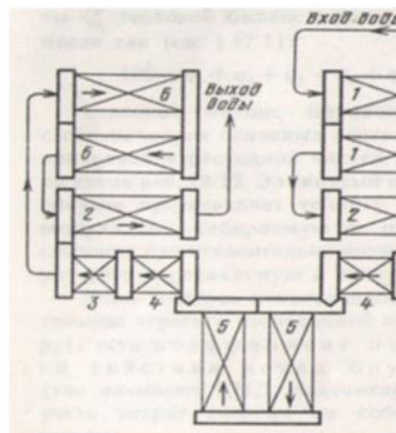


а — продольный разрез; *б* — поперечный разрез; 1 — горелки котла;
2 — площадки и лестницы для обслуживания котла

Рисунок 9-Газомазутный водогрейный котел ПТВМ-ЗОМ-4

Циркуляционная схема котла приведена на рисунке 10.

Вода подводится к фронтovому экрану топочной камеры, выводится из бокового экрана топки.



1 — фронтovый экран топки; 2 — боковые экраны топки; 3 — боковые экраны конвективной шахты; 4 — конвективные поверхности; 5 — задний экран конвективной части; 6 — задний экран топки

Рисунок 10- Схема циркуляции котла ПТВМ-ЗОМ-4

Котлы - утилизаторы

Для использования теплоты отходящих газов различных технологических установок, в том числе и печей, применяются котлы - утилизаторы, вырабатывающие, как правило, пар. При высоких температурах газов (более 900 °С) эти котлы снабжаются радиационными (экранными) поверхностями нагрева и имеют такую же компоновку, как и обычный паровой котёл, только вместо топки — радиационная камера, в которую снизу входят газы. Воздухоподогреватель отсутствует, если нет необходимости в горячем воздухе для нужд производства. Газы сначала охлаждаются в радиационной камере, как в топке «обычного» котла. Большой свободный объём этой камеры позволяет иметь повышенную толщину излучающего слоя и, как следствие, повышенную степень черноты газов. Поэтому здесь преобладает передача теплоты излучением.

Первичное охлаждение газов в свободном от змеевиков объёме необходимо для затвердевания уносимых из печи расплавленных частиц шлака или технологического продукта до того, как они прилипнут к холодным змеевикам и затвердеют на них.

Если отходящий из технологических установок газ не содержит горючих компонентов, то такой котёл горелочных устройств не имеет. Эти котлы работают с естественной или принудительной циркуляцией и имеют практически все детали описанных выше котельных агрегатов. При конструировании котлов, использующих тепловые отходы, следует учитывать содержащиеся в греющих газах агрессивные компоненты, например сернистые газы, поступающие из печей обжига серосодержащего сырья. При наличии в подводимых к котлу технологических газах горючих составляющих организуется их предварительное дожигание в радиационной камере, которая в этом случае фактически превращается в топку.

При температурах газов ниже 900 °С в котлах-утилизаторах обычно используются только конвективные поверхности нагрева. Эти агрегаты радиационной камеры не имеют, а целиком выполняются из змеевиков.

Так, в настоящее время выпускается серия унифицированных котлов типа КУ (КУ - 125; КУ - 100 - 1; КУ - 80 - 3; КУ - 60 - 2), устанавливаемых за печами заводов черной металлургии. Первая цифра в маркировке означает максимальный часовой расход газов через котел (тысяч м³ при нормальных условиях). Температура газов на входе 650 — 850 °С. Параметры вырабатываемого пара: давление 1,8 4,5 МПа и температура 365 — 385 °С. Паропроизводительность котла КУ-125, например, составляет 27 — 41 т/ч. Все котлы этой серии, как и большинство других змеевиковых утилизаторов, работают с многократной принудительной циркуляцией воды через испарительные поверхности (рисунок 11). Вода, подогретая в водяном экономайзере 5, подается в барабан 3, откуда забирается циркуляционным насосом 2 и прокачивается через испарительные змеевики 4. Затем пароводяная смесь возвращается в барабан, где пар отделяется от воды. Вода вновь направляется в циркуляционный насос, а отсепарированный пар — в пароперегреватель 7, который установлен в зоне повышенной температуры газов.

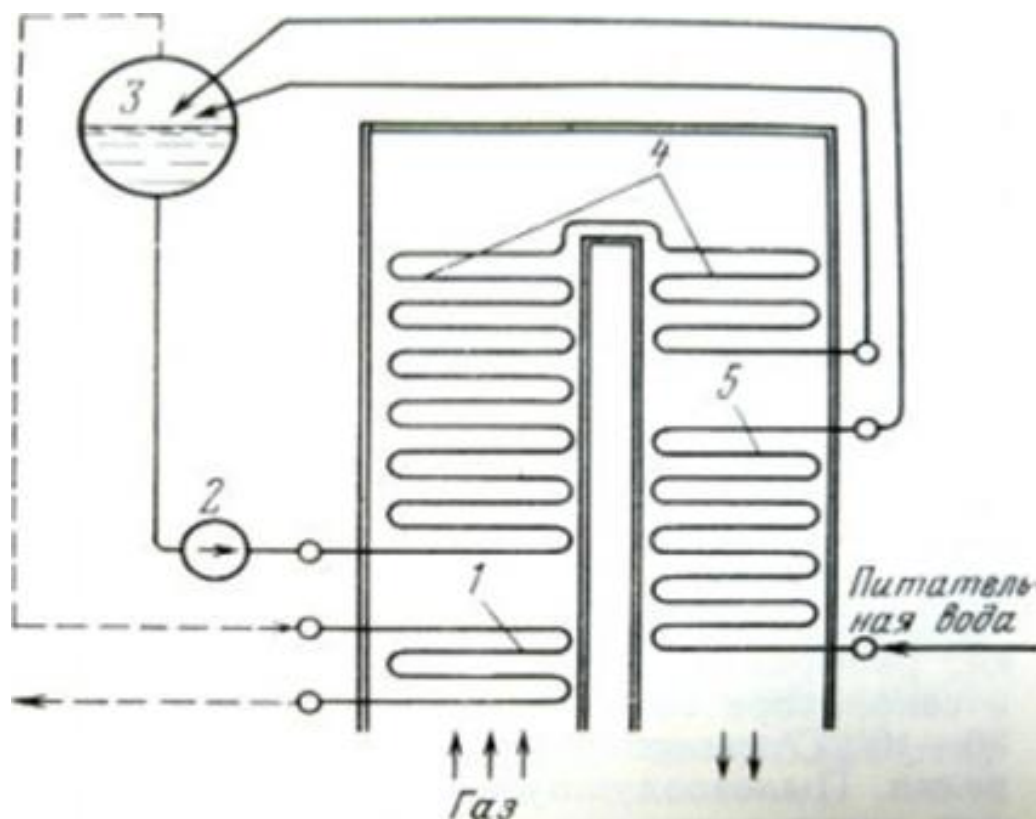


Рисунок 11 - Упрощенная схема котла-утилизатора серии КУ

5.2 Устройство вспомогательного оборудования.

5.2.1 Сепарационные устройства.

Влажный насыщенный пар, получаемый в барабане котлоагрегатов низкого и среднего давлений, может уносить с собой капли котловой воды, содержащей растворенные в ней соли. В котлоагрегатах высокого и сверхвысокого давлений загрязнение пара обуславливается еще и дополнительным уносом солей кремниевой кислоты и соединений натрия, которые растворяются в паре.

Примеси, уносимые с паром, откладываются в пароперегревателе, что крайне нежелательно, так как может привести к перегосу труб пароперегревателя. Поэтому пар перед выходом из барабана котла подвергается сепарации, в процессе которой капли котловой воды отделяются и остаются в барабане. Сепарация пара осуществляется в специальных сепарирующих устройствах, в котором создаются условия для естественного или механического разделения воды и пара.

Естественная сепарация происходит вследствие большой разности плотностей воды и пара. Механический инерционный принцип сепарации основан на различии инерционных свойств водяных капель и пара при резком увеличении скорости и одновременном изменении направления или закручивания потока влажного пара.

На рисунке показаны принципиальные схемы сепарирующих устройств.

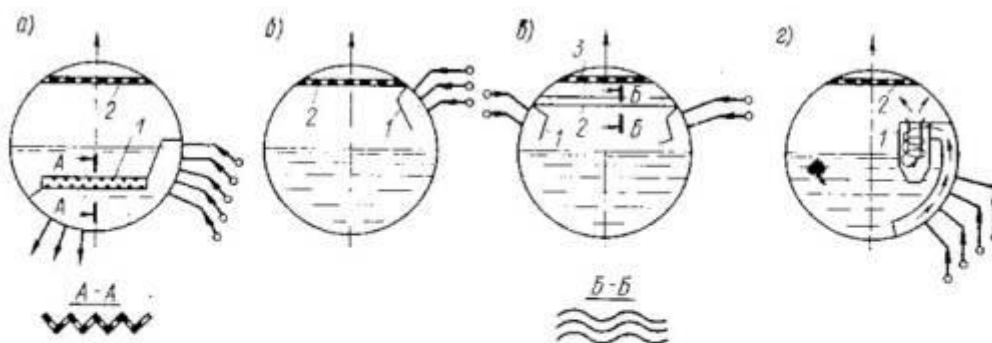


Рис. 14.4. Схемы сепарационных устройств

а — погружной дырчатый щит: 1 — дырчатый щит; 2 — пароприемный дырчатый щит; б — отбойные и распределительные щиты: 1 — отбойный щит; 2 — пароприемный дырчатый щит; в — жалюзийный сепаратор: 1 — отбойный щит; 2 — жалюзийный сепаратор; 3 — пароприемный дырчатый щит; г — циклонный сепаратор: 1 — циклон; 2 — пароприемный дырчатый щит

5.2.2 Тягодутьевые устройства.

Для нормальной работы котельного агрегата необходимы непрерывная подача воздуха для горения топлива и непрерывное удаление продуктов сгорания. В современных котельных установках широко распространена схема с разрежением по газоходам. К недостаткам этой схемы следует отнести наличие присосов воздуха в газоотходы через неплотности в ограждениях и работу дымососов на запыленных газах. Достоинство такой схемы — отсутствие выбивания и утечек дымовых газов в помещение котельной, так как воздух в топку нагнетает вентилятор, а дымовые газы удаляет дымосос. В последнее время в мощных энергетических котельных установках широко применяется схема с наддувом. Топка и весь газовый тракт находятся под давлением 3-5 кПа.

Давление создается мощными вентиляторами; дымосос отсутствует. Основной недостаток этой схемы — трудности, связанные с обеспечением надлежащей герметичности топки и газоходов котельного агрегата.

Для получения тяги необходимо увеличивать высоту трубы или температуру уходящих газов. Однако при использовании любого из этих способов необходимо иметь в виду, что высота трубы ограничена ее стоимостью и прочностью, а температура газов — оптимальным значением КПД котельной установки. Поэтому большинство современных котельных установок оборудуют искусственной тягой, для создания которой применяют дымосос, преодолевающий сопротивление газового тракта. В этом случае высоту трубы выбирают в соответствии с санитарно-техническими требованиями.

Напор воздуха, создаваемый вентилятором, также следует определять на основании аэродинамического расчета воздушного тракта (воздуховодов, воздухоподогревателя, горелочного устройства и т.д.) Максимальный напор вентилятора должен быть на 10% больше ($b_2 = 1,1$) потерь напора в воздушном тракте котельного агрегата.

5.2.3 Топливоподача.

Для нормальной и бесперебойной работы котельных установок требуется, чтобы топливо к ним подавалось непрерывно. Процесс подачи топлива складывается из двух основных этапов: 1) подача топлива от места его добычи на склады, расположенные вблизи котельной; 2) подача топлива со складов непосредственно в котельные помещения.

Очистка дымовых [газов](#) и удаление золы и шлака.

При сгорании твердого [топлива](#) образуется много золы. При слоевом процессе сжигания основная часть минеральных примесей [топлива](#) (60-70%) превращается в шлак и проваливается через колосниковые решетки в зольник. В пылеугольных топках большая часть (75-85%) золы уносится из котлоагрегатов с дымовыми [газами](#).

В настоящее время в котельных применяют следующие типы золоуловителей: 1) инерционные механические; 2) мокрые; 3) электрофильтры; 4) комбинированные.

Инерционные (механические) золоуловители работают по принципу выделения золовых частиц из газового потока под влиянием сил инерции.

В настоящее время широко применяются золоулавители мокрого типа. На рисунке показана схема мокрого золоулавителя ([скруббера](#)) с нижним тангенциальным подводом запыленного [газа](#).

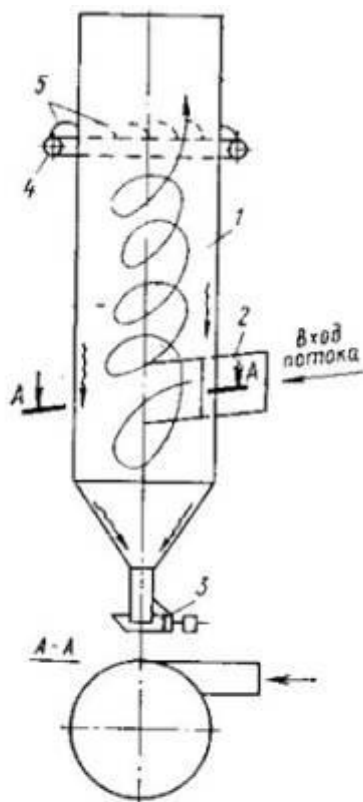


Рис. 14.5. Схема центробежного скруббера конструкции ВТИ
1-корпус; 2-входной патрубок;
3-клапан; 4-коллектор подвода воды; 5-оросительные сопла.

Принцип действия электрофильтров заключается в том, что запыленные [газы](#) проходят через электрическое поле, образуемое между стальным цилиндром (положительный полюс) и проволокой, проходящей по оси цилиндра (отрицательный полюс). Основная масса частиц золы получает отрицательный заряд и притягивается к стенкам цилиндра, незначительная часть частиц золы получает положительный заряд и притягивается к проволоке.

При периодическом встряхивании электрофильтра [электроды](#) освобождаются от золы. Электрофильтры применяют в котельных с расходом дымовых [газов](#) более 70000 м³/ч, отнесенных к нормальным условиям.

Комбинированные золоуловители являются двухступенчатыми, при этом работа каждой ступени основана на различных принципах. Чаще всего комбинированный золоуловитель состоит из батарейного [циклона](#) (первая ступень) и электрофильтра (вторая ступень).

Процесс золошлакоудаления можно разделить на две основные операции: очистка шлаковых и зольных бункеров и транспортировка золы и шлака на золоотвалы или шлакобетонных изделий.

6. Эксплуатация котлов и вспомогательного оборудования.

Тема 1. Эксплуатация котлов.

Пуск котла - наиболее сложный режим его работы с большим числом операций по управлению, которые должны проводиться в определенной последовательности и часто за минимальное время. В этих условиях требуются четкое распределение обязанностей между персоналом оперативной вахты, координация ее действий, высокая дисциплина.

Поэтому после монтажа, выхода из капитального или среднего ремонта пуск котла должен производиться под руководством начальника цеха или его заместителя. Во всех остальных случаях котел пускается под руководством начальника смены или старшего машиниста.

Перед пуском котлоагрегата из ремонта или длительного резерва (более 3 суток) необходимо проверить исправность и готовность к работе вспомогательного оборудования, контрольно-измерительных приборов (КИП), средств дистанционного управления арматурой и механизмами, авторегуляторов, защит, блокировок и средств оперативной связи. Выявленные неисправности должны быть устранены.

При неисправности защит, действующих на останов котла, пуск его запрещается.

Пуск оборудования в эксплуатацию после монтажа или ремонта производится только после составления заключения лабораторией металлов электростанции (или договорной организации) о выполнении установленного объема работ по входному контролю металла.

Подготовительные работы и осмотр котлоагрегата.

Растопку котла производят после очередного останова или ремонта. Предварительно проверяют качество выполнения ремонтных работ, а также устранены ли дефекты и учтены ли замечания, записанные в журнал дефектов перед остановом котла. Для этого осматривают котел и его вспомогательное оборудование, проверяя состояние горелок, обмуровки, обшивки, коллекторов, паро- и водопроводов, их арматуры и подвесок (опор).

Кроме того, осматривают: вспомогательные механизмы и их приводы, тягодутьевые машины (вентиляторы, дымососы, воздуходувки, электро- и турбоприводы, системы охлаждения и смазки); мельницы, питатели сырого топлива и пыли, бункера; элементы системы пылеприготовления, обдувки; системы шлакозолоулавливания и удаления. Обязательным условием является проверка связи, освещения, противопожарной готовности блока. Затем проверяют запасы топлива в бункерах и воды в баках конденсата, положение арматуры и гарнитуры на пароводяном и газовоздушном трактах, подготовку мазутного и газового хозяйства, работу защитно-запальных устройств, бесперебойность подачи пара от постороннего источника, правильность установки грузов предохранительных клапанов.

После осмотра основного и вспомогательного оборудования, проверки выполнения работ и закрытия нарядов начальник смены цеха делает соответствующую запись в оперативном журнале с указанием времени начала пусковых операций, о чем

оповещаются связанные с пуском начальники электрического, химического, топливного и транспортного цехов, а также цеха контрольно-измерительных приборов и автоматики.

После сборки электрических схем дистанционного управления, сигнализации, блокировок, защит и автоматики, их проверки в соответствии с местными условиями и включения контрольно-измерительных приборов собирают электрические схемы электропривода собственных нужд блока и начинают собирать и готовить к включению технологические схемы котла (газовоздушного тракта, растопочного, паромазутного хозяйства, пылеприготовления, шлакозолоулавливания и удаления, обдувки и очистки).

Тщательно вентилируют топку и газоходы котла в течении 10 минут при открытых шиберх газовоздушного тракта с расходом воздуха не менее 25% номинального. Перед растопкой котла из неостывшего состояния при сохранившемся избыточном давлении в пароводяном тракте вентиляция должна начинаться не ранее, чем за 15 минут до розжига форсунок, для предотвращения опасных термических напряжений и переохлаждения.

До вентиляции котла запрещается вносить в топку и газоходы котла любой открытый огонь, а также переносную электролампу из-за опасности хлопков или взрыва скопившихся газов. После вентиляции котла необходимо взять пробу из верхней части топки для определения отсутствия газа.

Не допускается растопка котлоагрегата при неисправном состоянии КИП, автоматики, защит, блокировок и сигнализации.

Кроме того, в период подготовки к пуску, необходимо проверить запально-защитные устройства, а при их отсутствии подготовить достаточное количество ручных запальников. Подготовить схему дренажей главных паропроводов. Опробовать в работе шлаковые транспортеры шлакоудаления.

Подать воду в шлаковые ванны, на систему золоочистки и на побудительные сопла по каналам ГЗУ.

Заполнение котла водой.

Для заполнения котельного агрегата должна использоваться деаэрированная вода. Заполнение не деаэрированной водой, содержащей растворенный кислород и свободную углекислоту, способствует интенсификации коррозии внутренней поверхности трубной

системы и поэтому недопустимо.

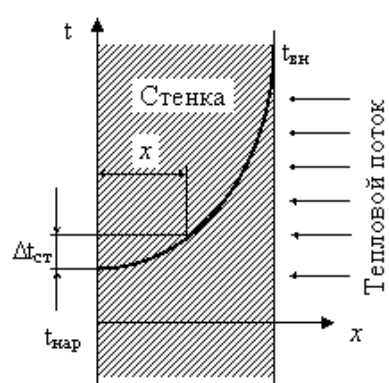


Рисунок 5 - Изменение температуры в стенке барабана при заполнении его водой

В котельном агрегате элементы водного и парового тракта имеют разную толщину стенок и прогреваются с различной скоростью. Экономайзерные и парообразующие трубы, имеющие относительно небольшую толщину, прогреваются быстро, а толстые стенки барабанов и коллекторов -значительно медленнее.

Внутренние слои металла барабана быстрее нагреваются, чем наружные.

При быстром заполнении горячей водой неравномерный прогрев барабана может вызвать опасные температурные напряжения внутри стенок барабана, в особенности при низкой начальной температуре стенок. Нагретые слои металла стремятся расширяться, в то время как холодные слои препятствуют расширению. В результате этого, во внутренних слоях стенок барабана возникают напряжения сжатия, а в наружных - напряжения растяжения. Теоретические расчеты показали, что эти напряжения могут

достигать достаточно больших значений и при многократном повторении пусков могут вызвать малоцикловую усталость металла и трещины в нем.

В приближенных расчетах, принимая стенку барабана плоской, температурные напряжения можно рассчитать по упрощенной формуле

$$\sigma_x = \frac{\beta E \Delta t_{\text{макс}}}{3} \left(1 - 3 \frac{x^2}{\delta^2}\right).$$

Технические обследования, проводимые на электростанциях, выявили повреждения барабанов котлов высокого давления в виде трещин на поверхности трубных отверстий, на поверхности обечаек, днищ, в швах приварки штуцеров, в зонах приварки внутрибарабанных устройств. Указанные повреждения связаны с комплексом различных факторов, в том числе и эксплуатационных, связанных с заполнением котла водой с температурой, значительно отличающейся от температуры металла барабана.

Поэтому при заполнении котла водой во избежание недопустимых термических напряжений в теле барабана, следует руководствоваться следующими положениями:

1. Запрещается заполнение водой горячего барабана ($t_{\text{ст}} = 200 - 300 \text{ }^{\circ}\text{C}$) при давлении в котле близком к атмосферному. Заполнение неостывшего котла для проведения растопки разрешается при температуре металла верха опорожненного барабана не выше $160 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Если температура в какой-либо точке барабана превышает $140 \text{ }^{\circ}\text{C}$ заполнение его водой для гидроопрессовки запрещается.

2. При пуске котла из холодного состояния и заполнении его питательной водой с температурой выше температуры стенки барабана котел должен вначале питаться небольшим количеством воды, чтобы при охлаждении ее в экономайзере разность температур между водой, поступающей в барабан и телом барабана не превышала $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

3. При заполнении барабана котла питательной водой с температурой ниже температуры стенки барабана допускается разность температур стенки низа барабана и питательной воды не более $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Во избежание повышенных напряжений, которые могут вызвать расстройство соединений, для заполнения котла при пусках из холодного состояния желательно использовать воду с температурой не выше $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$. В начальный период рекомендуется вести заполнение котла с небольшим расходом, чтобы температура воды на входе в барабан не превышала $60 - 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$. По мере прогрева тракта и повышения расхода температуру перед барабаном доводят до $80 - 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Учитывая, что величина перепада температур определяется скоростью прогрева, заполнение котла водой рекомендуется вести в течение 1 - 2 часов, в зависимости от состояния металла барабана.

Котел следует заполнить водой до растопочного уровня (низший уровень в водоуказательном приборе). Во время заполнения котла следует проверить плотность дренажей экранов котла и экономайзера (по температуре труб после запорных вентилей на ощупь).

После заполнения котла следует убедиться, что уровень воды в барабане не снижается, в противном случае, нужно найти неплотности и устранить их, после чего подпитать котел до прежнего уровня.

Целью пуска котельной установки является достижение номинальных параметров пара и такой паропроизводительности, при которых котел мог бы работать без использования растопочных горелок. Продолжительность пуска котла (период времени

от розжига первой растопочной горелки до достижения требуемой нагрузки и параметров пара) зависит главным образом:

Режим пуска котла должен удовлетворять следующим требованиям: должно обеспечиваться надежное протекание внутрикотловых процессов, необходимых для охлаждения или равномерного прогрева всех элементов котла; скорость прогрева элементов котла не должна превышать величину, определяемую допустимыми термическими напряжениями в металле; пусковые потери топлива и энергии должны быть по возможности минимальными; должна обеспечиваться безопасность работы обслуживающего персонала и оборудования. Пусковая схема барабанного котла представлена на рисунке 6.

Рисунок 6 - Пусковая схема барабанного котла:

Розжиг и подъем давления

Перед розжигом необходимо включить все контрольно-измерительные приборы, дистанционное управление и все технологические защиты и блокировки, не препятствующие пуску котла, а также регулятор разрежения в топке и регулятор растопочного впрыска (если он имеется). Развернуть дутьевые вентиляторы и дымососы и отрегулировать разрежение в верхней части топки ($2 - 3 \text{ кгс/м}^2$).

Приступить к розжигу. При отсутствии на котле ЗЗУ допускается применение ручного запальника.

Если при розжиге первой мазутной форсунки мазут сразу не загорится или погаснет в процессе регулирования горения, то следует немедленно прекратить подачу мазута и пара к форсунке, установить причину погасания и устранить ее. После этого, вновь приступить к розжигу в вышеуказанном порядке, предварительно провентилировав в течении 10 - 15 минут топку и газоходы котла.

При погасании мазутного факела нескольких форсунок следует немедленно прекратить подачу мазута и пара ко всем форсункам. Только после устранения причин погасания и тщательной вентиляции топки и газоходов котла пятидесятипроцентным расходом воздуха в течении 15 минут приступить к растопке в вышеуказанном порядке.

Отсутствие достаточного количества воздуха у устья горелки или плохое перемешивание его с мазутом может привести к забросу мазута на экранные поверхности и под топки, выносу его из топочной камеры, осаждением в газоходах котла и возможным загоранием на поверхностях нагрева.

Многочисленные исследования условий пуска котла свидетельствуют о том, что узлами, лимитирующими эти процессы, являются толстостенные элементы котла, змеевики пароперегревателя, пускосбросные устройства, система розжига, устройства контроля, автоматики и управления.

Контроль за скоростью растопки удобней всего производить по температуре насыщения. В современных котельных агрегатах в начальный период растопки наблюдается существенная неравномерность прогрева стенок барабана. Стенки его верхней части, находящиеся в паровом пространстве,греваются более интенсивно, чем нижней, так как коэффициент теплоотдачи при конденсации пара в 3 - 4 раза превышает коэффициент теплоотдачи от воды к стенке. В результате неравномерность может достигать $60 - 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ в разные периоды растопки. При значительной разности температур барабан может подвергаться деформации в форме изгиба. Исследования показывают, что уже при разности температур $20 - 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ напряжения в металле возрастают примерно в 2 раза.

Исходя из вышесказанного в период растопки котла скорость роста температуры насыщения, по условию допустимых термических напряжений стенок барабана котла и допустимых температур стенок пароперегревателя не должна превышать $2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ в минуту при давлении в барабане меньше 20 кгс/см^2 и $2,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ в минуту при давлении более 20 кгс/см^2 , что обеспечивается подъемом давления в котле в соответствии с графиком растопки.

Отсюда следует, что продолжительность растопки из холодного состояния барабанного котла составляет, в зависимости от параметров пара, примерно 3 - 5 часов.

Основным условием нормального пуска котла является соблюдение критериев пуска, т.е. работа в пределах допустимых температур, перепадов температур и скоростей их изменения для всех элементов котла. По условиям экономичности каждый из этапов

пуска котла должен проводиться с предельно допустимой скоростью, что позволяет сократить продолжительность пуска и уменьшить пусковые потери.

Во время растопки необходимо тщательно следить за температурами дымовых газов в конвективной части котла и температурой воздуха за воздухоподогревателем. При признаках возникновения пожара (практически признаком загорания следует считать резкое повышение температуры газов в газоходе на 20 - 30 °С выше обычной) немедленно произвести осмотр газоходов. Если в результате осмотра подтвердится возникновение пожара, необходимо немедленно прекратить растопку, остановить дутьевые вентиляторы, вентиляторы горячего дутья, дымососы, закрыть направляющие аппараты дымососов и вентиляторов, закрыть клапаны на подводах вторичного воздуха к горелкам, проверить плотность закрытия всех гляделок и лазов и включить установку пожаротушения.

Обязательно проверить включение и исправность работы сниженных указателей уровня. Переход на контроль за уровнем воды в барабане по сниженным указателям уровня производится лишь после того, как их показания будут совпадать с показаниями водоуказательных приборов.

При растопке котла необходимо поддерживать уровень воды в барабане между нижним и верхним допускаемым значениями, сбрасывая при необходимости избыток воды через линию аварийного слива. Подпитка котла в начале растопки производится вручную. Перед включением автоматики регулятора питания котла следует включить защиты по уровню воды в барабане.

При подпитках температура воды, поступающей в барабан, не должна отличаться от температуры тела барабана более, чем на 40 °С.

Повышение надежности работы экономайзера и пароперегревателя при пуске.

Большое значение при пусках котла уделяется повышению надежности охлаждения экономайзера. В нормальных условиях работы скорость воды в водяных экономайзерах (ВЭ) достаточна и тепловая неравномерность мала. Однако в процессе пуска режим работы ВЭ резко отличается от нормального. При отсутствии надежного охлаждения в его выходных участках может образоваться перегретый пар и чрезмерный перегрев труб. В период растопки питание обычно осуществляется периодически. Поэтому возникают пульсации температуры воды и температурные напряжения в стенках.

Для защиты водяных экономайзеров от перегрева в период растопки широко используют две схемы: схема рециркуляции, в которой барабан котла соединяется с нижним коллектором экономайзера (при многоступенчатой компоновке - к входному коллектору выходной ступени); схема со сгонной линией, в которой вода после экономайзера возвращается в деаэратор или питательный бак станции.

При растопке котла необходимо следить за температурами металла змеевиков пароперегревателя. Режим растопки организовать таким образом, чтобы эти температуры не превышали допустимых.

Хотя количество теплоты, отдаваемое газами в области пароперегревателя при пуске значительно меньше, чем при номинальной нагрузке, расход пара через них невелик и поэтому возможен существенный перегрев змеевиков ПП во время растопки. В обычных условиях температура стенки выше температуры пара на 12 - 30 °С. Иная картина при пуске котла. В начальный период растопки эта разница может достигать 150 - 250 °С, поэтому во избежание пережога труб в период растопки через пароперегреватель необходимо пропускать 10 - 15 % пара (продувка пароперегревателя). В зависимости от параметров пара продувка может полезно использоваться. Для горизонтальных пароперегревателей можно использовать заливку его водой.

В случае недостаточности охлаждения труб протекающим паром, следует изменить режим растопки, чтобы не допускать чрезмерного повышения температуры газов в районе пароперегревателя.

Кроме того, для защиты металла змеевиков топочных ширм во время растопки на котлах устанавливаются растопочные пароохладители с впрыском питательной воды.

Включение котла в магистраль и переход на основной вид топлива. Прогрев паропровода до магистрали.

До включения котла в магистраль необходимо прогреть соединительный паропровод от котла до паровой магистрали. Подъем давления и температуры в паропроводе необходимо вести равномерно для предотвращения чрезмерных внутренних напряжений.

При прогреве убедиться, что подключены все приборы по давлению пара и его температуры, металла на прогреваемом участке, что открыты все вентили ревизии на прогреваемом участке.

Прогрев паропровода осуществлять через байпасы паровой задвижки. Медленно дать пар в паропровод и установить давление 1-2 кгс/см². Затем параллельно с подъемом давления на котле осуществлять подъем давления в паропроводе.

В процессе подъема давления убедиться, что конденсат с ревизий сошел и идет пар. Открыть вентиль продувки главного паропровода на расширитель продувок высокого давления, закрыть ревизии.

Следить чтобы скорость прогрева паропровода не превышала 3 - 4 °С/мин.

Общая продолжительность прогрева паропровода составляет обычно 2,5 - 3 часа.

При подъеме давления в паропроводе скорость повышения температуры металла главного паропровода регулировать вентилем продувки на расширитель продувок высокого давления.

После подъема давления до полного, открыть ГПЗ и закрыть ее байпасы.

При прогреве паропровода не допускать гидроударов, вибрации, следить за состоянием опор, подвесок, арматуры, за тепловыми расширениями паропровода по реперам.

Включение котла в магистраль.

Включение котла в магистраль производить только после тщательного дренирования и прогрева паропровода от ГПЗ-1 до ГПЗ-2.

Давление пара за котлом при включении должно быть несколько ниже (не более 1 - 2 кгс/см²) или равно давлению в общем паропроводе. Это условие необходимо выполнять для того, чтобы поток пара, возникающий из-за разницы давлений при открытии байпаса, двинулся не в магистраль, а в котел, где в паровом объеме барабана он затормозится, при этом давление станет ровным без возникновения скачков давления. Большие перепады давления, как в большую, так и в меньшую сторону приведут к возникновению гидравлических ударов и изменению температуры в паропроводе.

При включении необходимо следить за температурой острого пара и не допускать резких снижений или набросов температуры перед турбинами. Включение котла следует производить осторожно, медленным открытием байпаса магистральной паровой задвижки. После выравнивания давления по сторонам задвижки открывается задвижка, а байпас после полного ее открытия закрывается. Если при этом в паропроводе возникают гидравлические удары и толчки, следует немедленно приостановить операции по включению котла, понизить давление в котле, тщательно прогреть паропровод, после чего вновь приступить к включению котла.

Дренажи на паропроводе перед магистральными задвижками закрыть после полного открытия задвижек.

Во время включения котла запрещается изменять режим горения.

После включения котла в магистраль следует приступить к отключению РРОУ (или продувки пароперегревателя) и подъему нагрузки, тщательно следя при этом за показаниями манометров, расходомеров воды и пара, уровнем воды в барабане, а также за температурами пара по тракту пароперегревателя и за температурами металла змеевиков пароперегревателя.

Включение регуляторов температуры перегретого пара производится при достижении номинальной температуры пара. Остальные автоматические регуляторы включаются после достижения устойчивого режима работы и нагрузки котла около 70 % от номинальной.

Если котел растапливается впервые или после капитального ремонта, то при достижении полного давления, до включения котла в магистраль производится регулировка предохранительных клапанов.

Останов и расхолаживание котельной установки.

Нормальный останов парового котла.

При останове котла постепенно снижают нагрузку, уменьшая расход топлива, питательной воды, воздуха и загрузку дымососов. В схемах с прямым вдуванием пыли расход топлива уменьшают разгрузкой питателей сырого топлива и последующим постепенным остановом их и соответствующих мельниц. В схемах с промежуточными бункерами первоначально отключают питатели сырого топлива и мельницы, а затем уменьшают загрузку питателей пыли и постепенно выводят их из работы. Скорость снижения нагрузки определяется допустимой скоростью изменения температуры металла наиболее толстостенных элементов оборудования. Чтобы не появились значительные температурные напряжения в начальный период останова (иногда до минимально устойчивой нагрузки), поддерживают номинальную температуру пара. Номинальное давление пара за котлом разрешается поддерживать до нагрузки не ниже 50 % от номинальной.

Если котел или система пылеприготовления останавливаются на длительное время, следует срабатывать все топливо из бункеров и питателей сырого угля.

После отключения системы пылеприготовления погасить все мазутные форсунки, провентилировать топку и газоходы в течение 10 - 15 минут, при условии, что расход воздуха через топку, определяемый по загрузке электродвигателей дутьевых вентиляторов, составляет не менее 50 % от номинального. Остановить дутьевые вентиляторы и дымососы, закрыть их направляющие аппараты.

По мере снижения нагрузки питания котла перевести с основной на байпасную линию узла питания. При переходе на питание котла через байпас перейти с основного регулятора питания на растопочный регулятор питания.

При прекращении постоянной подпитки котла открыть задвижки на линии рециркуляции из барабана к экономайзеру. При снижении уровня воды в барабане на 100 мм от среднего произвести подпитку котла с возможно меньшим расходом для предотвращения недопустимых термических напряжений в теле барабана. Подпитать котел до +100 мм от среднего уровня после чего питание прекратить. Перед подпиткой проверить закрытие задвижек на линии рециркуляции из барабана в трубопровод перед экономайзером. Наблюдение за уровнем продолжать до сохранения в котле давления.

Запрещается производить подпитку остановленного котла с дренированием воды в целях ускоренного охлаждения барабана.

Во время останова котла также, как при пуске необходим тщательный контроль за разностью температур верха и низа барабана, которая не должна превышать 60 °С, для чего необходимо охлаждение проводить со скоростью 1,5 °С/мин при давлении в барабане меньше 100 кгс/см².

В процессе снижения нагрузки следить за температурой пара и при ее снижении уменьшить подачу конденсата в парохладители. При снижении температуры пара до минимально возможной по условиям работы станции включить РРОУ и закрыть магистральную задвижку перед главным паропроводом. После снижения параметров пара до минимально возможных, по условиям работы РРОУ, (давление 16-20 кгс/см² и температура 300 °С) отключить РРОУ, включить продувку пароперегревателя в атмосферу или на барбатер, закрыть ГПЗ-1 и открыть дренаж паропровода.

При прекращении подачи пара из котла продувку пароперегревателя закрыть.

В случае необходимости ускоренного расхолаживания котла для ремонта включить паровое расхолаживание барабана согласно инструкции по эксплуатации УПРО.

После останова котла следует внимательно следить за температурой газов и воздуха по конвективной шахте по приборам и производить обходы с целью выявления загораний через 5-6 часов.

При признаках загорания немедленно произвести осмотр газохода, проверить температуру газов и воздуха по всем установленным термопарам, поставить в известность пожарную команду и в дальнейшем вести наблюдение за участком вероятного возгорания.

При останове котла без применения устройства парового охлаждения барабана пуск дымососа для расхолаживания разрешается не ранее, чем через 10 часов после останова котла - для котлов с давлением пара до 140 кгс/см², через 18 часов - для котлов давлением 140 кгс/см² и выше, при условии, если разность между температурой стенки верха и низа барабана не превышает 60 °С.

Через шесть часов после останова котла необходимо произвести продувку нижних точек для удаления шлама, после чего медленно подпитать котел до высшего уровня. Через восемь-десять часов продувку через нижние точки и подпитку повторить.

В случае необходимости спуска воды при останове котла спуск следует производить немедленно после снижения давления до атмосферного, используя для осушки внутренних поверхностей тепло, аккумулированное обмуровкой. При необходимости ревизии внутрибарабанных устройств после слива воды отключить котел от всех трубопроводов, находящихся под давлением. Люк барабана открывать осторожно: вначале слегка ослабить болты и лишь убедившись, что воды и пара нет, открыть люк.

Для обеспечения безопасности во время расхолаживания дежурный персонал должен осуществлять контроль за остановленным котлом до полного снижения давления в котле и снятия напряжения с электродвигателей. Это требование обусловлено также тем, что на остановленном оборудовании не исключены случаи загорания отложений в пылесистемах и газоходах котла.

Консервация котла.

Для предотвращения стояночной коррозии пароводяной тракт котла должен подвергаться консервации при выводе котла в резерв, останове его на текущий и капитальный ремонт и других кратковременных аварийных и плановых остановах.

Стояночная коррозия протекает под воздействием кислорода воздуха, попадающего в пароводяной тракт при останове котла и снижении давления в нем до атмосферного.

Характерные особенности стояночной коррозии - образование на поверхности металла язвин и накопление большого количества продуктов коррозии металла, что

приводит к развитию коррозионных процессов при последующей эксплуатации оборудования. Остановы котла по длительности можно условно разделить на две группы:

- кратковременные остановки в резерв на срок не более трех суток;
- длительные остановки на срок более трех суток (резерв или ремонт).

Для защиты от коррозии применяют сухой, мокрый и газовый способ консервации, в ряде случаев применяют консервацию избыточным давлением.

Аварийный останов котла.

Котельный агрегат должен быть немедленно остановлен действием защит или персоналом, без согласования действий с руководством цеха и станции, в случаях:

а) недопустимого повышения или понижения уровня воды в барабане или выходе из строя всех водоуказательных приборов;

б) быстрого снижения уровня воды в барабане несмотря на усиленное питание котла;

в) прекращения действия всех питательных устройств (насосов);

г) недопустимого повышения давления в пароводяном тракте котла;

д) прекращения действия более 50% предохранительных клапанов или других заменяющих предохранительных устройств;

е) разрыва труб пароводяного тракта или обнаружения трещин, выпучин, пропусков в сварных швах в основных элементах котла (барабане, коллекторах, паропроводах), питательных трубопроводах и пароводяной арматуре);

ж) погасания факела в топке;

з) недопустимого понижения давления газа или мазута за регулирующим клапаном(при работе котла на одном из этих видов топлива);

и) отключения всех дымососов или дутьевых вентиляторов;

к) взрыва в топке, взрыва или загорания горючих отложений в газоходах и золоуловителе, разогрева докрасна несущих балок каркаса, при обвале обмуровки, а также других повреждениях, угрожающих персоналу или оборудованию;

л) пожара, угрожающего персоналу или оборудованию, а также цепям дистанционного управления отключающей арматуры, входящей в систему защиты котла;

м) исчезновения напряжения на устройствах дистанционного и автоматического управления и на всех контрольно-измерительных приборах.

Допустимые повышения и понижения параметров оговариваются в инструкциях по эксплуатации. Отключение котла, в большинстве случаев, должно осуществляться действием защит, однако, если не сработает защита, все операции по останову котла должен производить оперативный персонал.

Кроме перечисленных выше аварийных случаев, могут возникнуть такие повреждения, с которыми котел может проработать некоторое время. В этих случаях решение об останове котла принимает главный инженер станции по согласованию с диспетчером энергосистемы. Приведем некоторые примеры. Котел должен быть остановлен в случаях:

а) обнаружения свищей в трубах поверхностей нагрева, паропроводах, коллекторах, в питательных трубопроводах, а также течей и парений в арматуре, фланцевых соединениях;

б) недопустимого повышения температуры металла поверхностей нагрева, если снизить температуру изменением режима работы не удастся;

в) выхода из строя всех дистанционных указателей уровня воды в барабане котла;

г) резкого ухудшения качества питательной воды против установленных норм;

д) прекращении работы золоуловителей;

е) неисправности отдельных защит или устройств дистанционного и автоматического управления, а также контрольно-измерительных приборов.

Следует сказать, что длительная работа с указанными повреждениями недопустима, так как может привести к серьезным авариям.

Эксплуатация вспомогательного оборудования котельной

Эксплуатация вспомогательного оборудования котельной предполагает обслуживание центробежных насосов. Перед пуском насоса проверить наличие масла в подшипниках, правильность положения смазочных колец на валу и состояние сальников (заметим, что излишнее затягивание сальников увеличивает их износ). После этого проверяют плавность вращения вала насоса, плотность фланцев, исправность обратного клапана. Затем открывают воздушные краны на корпусе насоса и задвижку на всасывающей линии и заливают насос водой. Как только из воздушного крана начнет выливаться вода, его закрывают. После проверки включают двигатель. По достижении номинального числа оборотов и давления постепенно открывают задвижку на нагнетательной линии. Во избежание перегрева насос должен работать при закрытой задвижке не дольше 2-3 мин. Во время работы насоса наблюдают за поддержанием необходимого напора, наличием масла, вращением смазочных колец, температурой подшипников и плотностью сальников. Из корпуса насоса через воздушные краны надо периодически выпускать воздух. Если электродвигатель сильно нагрелся или искрит, его надо остановить, постепенно закрыв запорную задвижку и выключив двигатель.

•обслуживание тягодутьевых устройств. Перед пуском вентиляторов и дымососов необходимо проверить: качество и количество масла в подшипниках (после длительной остановки подшипники надо разобрать, промыть керосином, собрать и вновь залить маслом);

•правильность положения смазочных колец на валу, правильность их сборки и легкость вращения; систему водяного охлаждения; правильность центрирования (по муфте) вентиляторов и дымососов с электродвигателями, проверить отсутствие заеданий;

•положение вентиляторов и дымососов на всасывании. При отсутствии дефектов включается электродвигатель. В случае неправильного вращения вентилятора, дымососа и смазочных колец, заедания смазочных колец, сильной вибрации вентиляторов и дымососов, сильного шума или чрезмерного нагрева подшипников необходимо выключить электродвигатель и устранить неполадки. После достижения номинального числа оборотов и напора следует открыть заслонки. Во время работы необходимо: следить за нагрузкой электродвигателя, не допуская его перегрузки; регулировать подачу и напор в соответствии с нагрузкой котла;

•следить за смазкой, охлаждением и температурой подшипников, не допуская ее повышения до 70 °С. Наблюдать, чтобы не было вибраций, шумов, ударов, заеданий вращающихся частей при работе вентиляторов и дымососов периодически сливать из подшипников часть масла и заменять его свежим;

•не реже 1 раза в 2 мес полностью менять масло, разбирая подшипники для осмотра, очистки или ремонта. Необходимо также постоянно следить за плотностью закрытия шиберов у неработающих вентиляторов и дымососов. При остановке вентиляторов (дымососов) выключают электродвигатель, закрывают заслонки и превращают подачу охлаждающей воды к подшипникам дымососов. В случае остановки дымососов зимой воду с подшипников сливают. При остановке вентиляторов и дымососов на длительное время сливают масло из подшипников и смазывают солидолом трущиеся части.

Тема 2. Эксплуатация вспомогательного оборудования котельной.

Эксплуатация вспомогательного оборудования котельной включает в себя обслуживание золоуловителей систем золоудаления. Для нормальной работы золоуловителей, золовые бункера систематически очищают, не допуская в них скапливания уноса. Затворы золовых бункеров должны плотно закрываться. Очистку золовых бункеров производят при пониженном разрежении в топке. Увеличение сопротивления золоуловителей указывает на отложение в них золы, а уменьшение сопротивления - на появление неплотностей вследствие износа. Также необходимо поддерживать в исправном состоянии изоляцию золоуловителей. При расположении золоуловителей снаружи котельной нарушение изоляции может привести к конденсации водяных паров из уходящих газов, что вызовет затруднения при удалении золы. Плохая изоляция золоуловителей, расположенных внутри котельной, недопустима из-за опасности ожогов обслуживающего персонала. При ручном золоудалении, применяемом в основном в мелких отопительных котельных, золу и шлак выгребают из топки на пол, заливают водой, вручную погружают в вагонетки и вывозят в отвал. В современных отопительных котельных при сжигании многозольных бурых углей под колосниковыми решетками устраивают бункера для сборки золы и шлака.

При скреперном шлакозолоудалении необходимо следить за износом скребков, ковшей, цепей и других узлов.

Обслуживание устройства водоподготовки.

Эксплуатация вспомогательного оборудования котельной - катионитового фильтра - сводится к последовательному проведению операций взрыхления, регенерации (восстановления обменных свойств истощенного катионитового материала путем обработки 10%-ным раствором поваренной соли), промывки и умягчения. При взрыхлении устраняется уплотнение слежавшейся массы катионита, достигается лучший доступ регенерационного раствора к зернам катионита и удаляются накопившиеся в фильтре механические примеси. Взрыхление производят обыкновенной водой, а при наличии специального бака водой, полученной при предыдущей регенерации. Воду (под напором) подают в течение 15-20 мин. Через специальный вентиль отбирают пробы. Сначала в них будет муть, свидетельствующая о выпадении вредных примесей, а в конце взрыхления вода должна быть осветленной. После взрыхления производят регенерацию катионита натрия, пропуская через него 10%-ный раствор поваренной соли. При этом происходит обратный процесс: катионит забирает из раствора поваренной соли катиониты натрия и отдает катиониты кальция и магния. Образовавшиеся хлористые кальций и магний вместе с раствором сливаются в канализацию. Продолжительность регенерации при пуске нового фильтра 12-15 мин, бывшего в эксплуатации - 1,5-2 ч.

Расход соли на 1 м³ сульфоугля составляет около 50-60 г. Раствор поваренной соли готовят в солерастворителе - металлическом сосуде цилиндрической формы со сферической съемной крышкой на фланцах. В нем имеется дренажное устройство, над которым располагается несколько слоев гравия с различными размерами зерен, предотвращающих унос нерастворимых частиц соли в катионитовые фильтры при их регенерации. Продукты регенерации и остатки поваренной соли удаляются при отмывке катионитового фильтра вместе с водой. Время промыва - 20-25 мин. Жесткая вода, подлежащая умягчению, проходит через слой катионита, и, умягченная, направляется в питательный бак. Обслуживание аппаратов магнитной обработки воды (типа „ПМУ“) заключается в обеспечении скоростей движения воды в аппарате в соответствии с инструкцией. После регулировки расхода воды в аппарате вентили должны быть опломбированы. Не рекомендуется вынимать магниты из аппаратов типа ПМУ для

чистки рабочих зазоров, поскольку они при этом размагничиваются и при сборке их магнитные параметры восстанавливаются лишь частично, нередко ослабевая в 2- 3 раза. Очистку зазоров следует осуществлять промывкой аппарата.

Промывку котлов от осевшего шлама необходимо проводить немедленно после вскрытия и опорожнения котла, не давая шламу уплотниться. В процессе эксплуатации необходимо также промывать шлакоотделитель в соответствии с инструкцией. Обслуживание арматуры. В отопительных котельных обслуживанию подлежит следующая арматура: предохранительные и обратные клапаны, запорные вентили и задвижки, спускные вентили или задвижки. Манометр устанавливают на каждом паровом котле, присоединяя его к паровому пространству котла посредством сифонной трубки. Пар поступающий в сифонную трубку, охлаждается и конденсируется, превращаясь в воду, которая постепенно охлаждается. Таким образом, на механизм манометра будет оказывать давление не пар, имеющий высокую температуру, а охлажденная вода. К водогрейному котлу манометр можно присоединять с помощью прямой трубки. Между сифонной трубкой и манометром устанавливают трехходовой кран, который служит для отключения и проверки исправности манометра (рис. 1). Пробка трехходового крана может занимать пять основных положений: рабочее, для проверки манометра на нуль, для продувки сифонной трубки, нейтральное положение (накапливание воды в сифонной трубке перед установкой крана в рабочее положение), для присоединения образцового манометра.



Во время приемки смены машинист обязан проверять исправность всех манометров. Проверку следует производить и в тех случаях, когда стрелка манометра долго находится в одном и том же положении или когда она не дошла до красной черты, а предохранительные клапаны уже срабатывают. Проверка правильности показаний манометра заключается в следующем. Перед проверкой машинист отмечает положение стрелки манометра. Затем поворачивает пробку трехходового крана до позиции "б", при которой стрелка должна указать на нуль. Потом пробку трехходового крана устанавливают в прежнее положение "а" и при этом стрелка манометра должна возвратиться в то положение, в котором она находилась к началу проверки. Для более точного определения правильности показаний рабочего манометра используют образцовый манометр. К фланцу трехходового крана с помощью скобы присоединяют образцовый манометр, а пробку трехходового крана поворачивают в положение б. В этом положении; оба манометра будут соединены с котлом. Если рабочий манометр окажется

исправным, его показания совпадут с показаниями образцового манометра. При проверке манометр могут обнаружиться следующие неисправности стрелка манометра при постановке трехходового крана в положение не плавно перемещается к нулю

При соединении манометра с котлом (положение стрелка поднимается медленно, скачкообразное или не доходит до прежнего положения. Первый случай неисправности указывает на засорение каналов в пробке трехходового крана или на перекрытие каналов прокладкой, установленной между краном и манометром. Для устранения этой неисправности продувают сифонную пробку паром для чего пробку крана ставят в положение "в", затем накапливают воду в сифонной трубке, повернув кран в положение "г" далее ставят пробку крана в рабочее положение "а" и, наконец, проверяют нулевое положение стрелки, соединив манометр с атмосферой (положение "б"). Если неисправность не устранилась, то следует, предварительно сообщив об этом администрации котельной, поставить трехходовой кран в положение "б", вывернуть манометр и проверить положение прокладки, затем продуть паром трехходовой кран, установив его в положение те". После продувки кран ставят в положение "б" манометр устанавливают на место; затем накапливают воду в сифонной трубке (положение "г"), соединяют манометр с котлом и снова проверяют на нуль (положение "б". Если и в этом случае стрелка манометра плавно не перемещается к нулю то очевидно, неисправен сам манометр и его следует немедленно заменить исправным

Второй случай неисправности указывает на засорение сифонной трубки или трехходового крана или на перекрытие прокладкой каналов между краном и сифонной трубкой. Для устранения этой неисправности сифонную трубку продувают, для чего кран переводят из положения "о" в положение "в". Затем накапливают воду в сифонной трубке (положение "г"), после чего снова проверяют на нуль (положение "б"). Если и эта проверка не дает нужного результата, то необходимо немедленно приостановить работу котла

Не допускается к работе манометр, когда на нем отсутствует пломба, просрочен срок его проверки; когда стрелка при его выключении не возвращается к нулевому положению на величину превышающую половину допустимой погрешности для данного манометра, а также когда разбито стекло или имеются другие повреждения манометра, которые могут отразиться на правильности его показаний.

Рабочий манометр должен проходить ежегодную проверку в контрольно-измерительных лабораториях Государственного комитета по стандартам. При проверке его пломбируют: на пломбе ставят год и месяц проверки. Кроме того, манометр не реже 1 раза в 6 мес проверяют с записью результатов проверки в журнал контрольных проверок. Проверку обязательно производят образцовым манометром. Если его нет, то для этой цели можно использовать исправный рабочий манометр.

Шкалу манометра надо выбирать такой, чтобы при рабочем давлении стрелка его находилась в средней части шкалы. На циферблат манометра наносят красную черту, соответствующую высшему пределу давления для данного оборудования. Взамен красной черты на циферблате разрешается припаивать к корпусу манометра металлическую пластинку, окрашенную в красный цвет и плотно прилегающую к стеклу манометра. Следует твердо помнить, что стрелка манометра не должна переходить за красную черту. Предохранительный клапан. Машинист (оператор) обязан проверять предохранительные клапаны 1 раз в смену (при приемке). Так как контрольный клапан находится в кожухе закрытом на замок (ключ хранится у начальника котельной), и машинист не имеет доступа к рычагу, то к нему прикрепляют цепочку, которую пропускают через кожух клапана.

Запрещается перегружать клапан увеличением нагрузки или передвижением груза, а тем более заклинивать клапан, так как это может привести к превышению давления в котле сверх допустимого и к его взрыву.

В работе предохранительных клапанов могут быть следующие неполадки:

- клапан не открывается своевременно при переходе стрелки исправного манометра за черту, соответствующую давлению качала его открытия. Это можно наблюдать в том случае, если на рычаге клапана подвешен лишний груз или он сдвинут к концу рычага; рычаг заедает в вилке или он заржавел в шарнире. Клапан совсем не открывается в тех случаях, когда его тарелка прикипает к седлу или же в вилку над рычагом вложен клин.

- клапан открывается до перехода стрелкой исправного манометра черты, соответствующей давлению начала его открытия. Это возможно в тех случаях, когда груз меньше нормального (часть груза снята) или груз передвинут ближе к клапану.

- имеются пропуски пара при опущенной тарелке (пропаривание клапана). Это наблюдается при плохой притирке клапанов к седлам или когда клапаны перекошены, или между тарелкой а седлом попали накипь, грязь, песок. Пропаривание клапана может привести к его прикипанию к седлу.

При любых неисправностях предохранительного клапана машинисту необходимо принять меры к их ликвидации. Во время приемки вахты машинист обязан тщательно осмотреть и продуть предохранительные клапаны. При осмотре клапанов проверяют отсутствие пропусков пара, правильность закрепления на рычаге грузов, отсутствие клиньев в вилках клапанов, а также каких-либо предметов на обмуровке котла, которые могут быть случайно положены на рычаги клапанов. Для продувки рычажного предохранительного клапана надо двумя руками взяться за конец рычага. а затем осторожно его приподнять; клапан при этом должен легко открываться и выпускать пар. По окончании продувки следует посадить клапан на седло, пропуск пара после этого должен прекратиться.

Продувать предохранительные клапаны машинист должен не только при приемке смены, но также в течение смены в тех случаях, когда наблюдаются запаздывание открывания или пропаривание клапана. Категорически запрещается открывать прикипевший клапан с помощью рычага или ударами молотка.

Водоуказательные стекла.

На водоуказательных стеклах против минимально допустимого уровня воды устанавливают неподвижный металлический указатель с надписью Низший уровень а против максимально допустимого уровня - "Высший уровень". Первый указатель должен быть расположен выше нижней видимой кромки стекла не менее чем на 25 мм, а второй - ниже верхней видимой кромки стекла и тоже не менее чем на 25 мм.

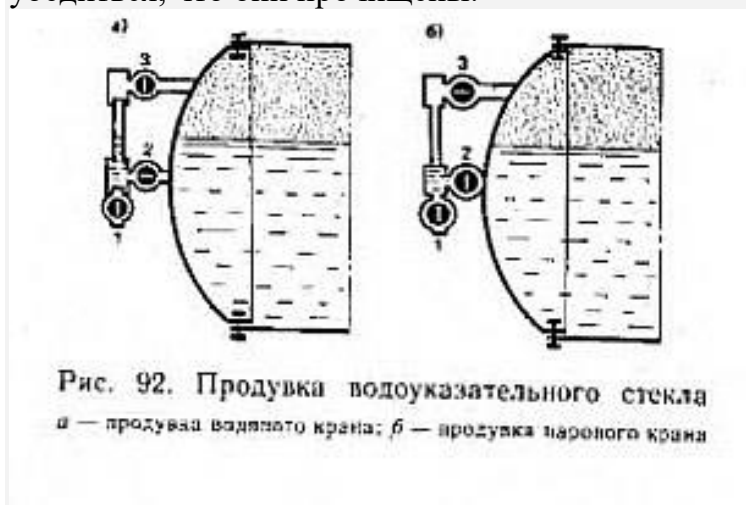
Встречаются следующие неисправности водоуказательных стекол: полное или частичное засорение парового или водяного крана в результате попадания в их каналы шлама, накипи или сальниковой набивки. Засорения водяного крана встречаются значительно чаще, чем парового. При засорении парового крана вода в стекле поднимается до верхней гайки и закрывает все стекло. При полном засорении водяного крана пода в стекле неподвижна, но ее уровень в результате конденсации пара постепенно повышается, и стекло оказывается залитым водой. При частичном засорении парового и водяного кранов показания стекла верны, но колебания уровня воды выражены слабее, чем при незасоренных кранах. Машинист, обнаружив полное или частичное засорение кранов, должен немедленно продуть или если продувка не ликвидирует засорения, прочистить засорение стекла.

Частичное или неполное перекрытие парового или водяного канала пробкой крана в результате неправильной установки крана после его продувки (на торцах пробок должны быть нанесены риски, указывающие их правильное положение) пропуски в сальниках стекла и в пробках кранов. При пропусках в верхнем сальнике или в пробке парового крана уменьшается давление в паровой части стекла и вода в нем поднимается выше, чем в котле.

При пропуске в нижнем сальнике или в пробках водяного крана уменьшается давление в водяной части и уровень воды в стекле будет ниже, чем в котле. Машинист обязан продувать водоуказательные стекла не менее 3 раз в смену (по 1 разу в начале смены и в конце смены), а при загрязненной воде значительно чаще.

Водоуказательные стекла продувают в следующем порядке, отмечают уровень и колебание воды в одном из стекол и положение ручек кранов; открывают краны 1 и 2 и закрывают паровой кран 3 и, продержав его некоторое время закрытым, вновь открывают. Затем закрывают водяной кран 2 и продувают паром водоуказательное стекло, открыв паровой кран 3. Далее сравнивают уровень и колебания воды в стекле до и после продувки и проверяют правильность положения ручек на кранах.

Показания водоуказательных стекол проверяют водопробными кранами. При прочистке стекла надо в котел подкачать воды немного выше среднего рабочего уровня и во время прочистки наблюдать по второму (исправному) стеклу за уровнем воды в котле. Прочищать водоуказательное стекло машинист должен в таком порядке; приготовить гаечный ключ, асбестовый шнур и изогнутую под прямым углом медную проволоку; отключить неисправное стекло, закрыв водяной и паровой краны (сливной кран открыть); вывинтить с помощью ключа пробку, закрывающую отверстие в оправе стекла, при этом машинисту рекомендуется стоять в стороне от крана во избежание ожогов; ввести изогнутую медную проволоку в отверстие крана и, постепенно открывая кран; прочистить стекло до появления из парового крана струи пара, а из водяного крана струи воды; после прочистки закрыть кран; для создания плотности намотать по ходу резьбы асбестовый шнур и ввинтить пробку; медленно открыть паровой кран, чтобы прогреть стекло паром, открыть водяной и закрыть сливной краны, продуть стекла, сверить уровни в обоих стеклах и проверить их показания с помощью водопробных кранов, чтобы убедиться, что они прочищены.



Если вода из котла вытекла в результате утечек, то категорически запрещается подкачивать воду в работающий котел, так как стенки котла могут оказаться обнаженными и раскаленными; при попадании на них воды она мгновенно испарится, а стенки котла быстро охладятся и на них появятся трещины, что приведет к взрыву.

Для поддержания водопробных кранов в исправном состоянии машинисту необходимо содержать их в чистоте и продувать не менее трех раз в смену. Для прочистки засорившегося водопробного крана следует: вывинтить пробку для прочистки и очистить медной проволокой часть канала (до пробки крана); медленно и осторожно открыть кран и прочистить проволокой остальную часть канала, при появлении сильной струи пара или воды вынуть проволоку, закрыть кран и ввинтить пробку, продуть кран.

Водозапорный кран и обратный клапан. Обычно в отопительных котельных трубопровод для подпитки котлов врезают на расстоянии не менее 3 м от штуцера котла и на нем обязательно устанавливают запорный кран или задвижку и обратный клапан (кран или задвижку устанавливают между котлом и обратным клапаном). Благодаря такому расположению можно при плотном закрытии крана или задвижки снять для ремонта обратный клапан и поставить новый.

Водозапорный кран должен установлен так, чтобы подпиточная вода поступала под тарелку крана, благодаря чему достигается плотность закрывания последнего, так как тарелка крана плотно прижимается к седлу не только нажимом шпинделя, но и давлением воды в котле. Обратный питательный клапан должен быть установлен так, чтобы питательная или подпиточная вода также поступала под тарелку клапана. В случае остановки насоса или разрыва питательной линии тарелка обратного клапана прижимается к седлу давлением внутри котла и этим автоматически преграждается выход воды из котла. При обслуживании водозапорного крана и обратного питательного клапана машинист котла должен соблюдать следующие правила:

- открывать и закрывать водозапорный кран медленно и осторожно во избежание гидравлических ударов и поломок;
- следить за исправным состоянием обратного питательного клапана;
- следить по манометру, установленному на питательном насосе, за повышением давления при его пуске и за уровнем воды в котле, который должен повышаться постепенно. Если давление насоса больше нормального, то это указывает на прикипание тарелок крана и обратного клапана или же на пуск насоса при закрытом водозапорном подводящем и отводящем трубопроводах каждого водогрейного котла, подключенного к общей магистрали горячей воды, устанавливают по одному запорному крану или задвижке. Между паровым котлом и присоединенным к нему паропроводом устанавливают также запорный кран или задвижку. Запорные краны или задвижки располагают по возможности ближе к котлу. При этом направление движения теплоносителя должно совпадать с направлением стрелки на корпусе крана. Во всех случаях необходимо открывать и закрывать паро- и водозапорные краны по возможности медленно и осторожно. Неисправности парозапорных кранов примерно такие же, как и водозапорных.

Спускные и продувочные приборы.

В соответствии с требованиями Росгортехнадзора на каждом котле устанавливают трубопроводы для спуска воды при его остановке, для удаления воздуха из котла при растопке. На сливных трубопроводах не допускается применять сварные газовые и чугунные трубы, а также чугунные фасонные части.

Своды.

В зоне высоких температур для поддержания футеровки устраивают своды из огнеупорного кирпича клиновидной формы. Своды обычно выполняют двойными с некоторым зазором между огневым и несущим сводами для восприятия теплового расширения. Защита барабанов котла. Для защиты барабанов котла, коллекторов, газовых коробок, и газорасходов от воздействия высоких температур их покрывают

огнеупорной массой - торкретом и специальными обмазками. Наиболее распространённым составом торкрета является шамотно-хромитовая масса (шамот, хромит, огнеупорная глина и жидкое стекло).

Перед нанесением торкретной массы, защищаемые поверхности очищают и обёртывают картоном или толем. При работе котла картон или толь выгорают, образуя зазор между торкретом и защищаемой поверхностью, что обеспечивает свободное расширение защищаемых элементов.

Таблица 21. Окраска трубопроводов и надписи на них

Теплоноситель	Условные обозначения	Цвет окраски	
		трубопровода	кольца
Насыщенный пар	ПН	Красный	Желтый
Химически очищенная вода	ВХ	Зеленый	Белый
Конденсат	ВК	»	Синий
Питательная вода	ВП	»	Без колец
Дренаж	ВД	»	Красный
Техническая вода	ВТ	Черный	Без колец
Пожарный водопровод	В. Пож.	Оранжевый	То же
Тепловые сети:			
подающая линия	ПС	Зеленый	Желтый
обратная линия	ОС	»	Коричневый

Уход за трубопроводами котельной.

В котельной могут быть трубопроводы различных назначений: сетевые, питательные, подпиточные, конденсатно и паропроводы, трубопроводы для газа и мазута, холодного водоснабжения и пожарного. Машинист должен регулярно проверять состояние трубопроводов. Основные неисправности трубопроводов: утечка жидкости через не плотности, вибрация, гидравлические удары, коррозий, разрывы. Неисправности следует сразу же устранять. Не плотности фланцевых соединений трубопроводов устраняются во время работы котла, подтяжкой болтов, в крестообразном порядке, избегая чрезмерного затягивания поэтому нельзя употреблять длинные рычаги для завёртывания гаек. Если умеренное затягивание гаек оказывается недостаточным, надо заменить прокладки. При не плотностях сварных соединений, исправление путём дополнительной заварки, может быть произведено, только при выключении участка трубопровода и освобождение его от воды, пара и т.д.

Плотность фланцевых соединений, сальников, арматуры, и исправное действие конденсатоотводчиков необходимо проверять ежедневно наружным осмотром. Пароводы должны иметь дренажи во избежание гидравлических ударов, и как следствие этого, образования течи во фланцевых соединениях. При пуске трубопровода необходимо удалять воздух из него, открывая в более высокой его части, воздушный вентиль. Паропроводы при пуске необходимо прогревать постепенно и равномерно, одновременно удаляя сконденсировавшуюся воду, после чего паропровод продуть свежим паром.

Для компенсаций температурных удлинений прямолинейных участков трубопроводов устанавливают компенсаторы из гнутых стальных труб. Такие компенсаторы просты по конструкции, надёжны в эксплуатации вспомогательного оборудования котельной и могут применяться при любых давлениях и температурах. Трубопроводы в котельных крепят с помощью подвижных или не подвижных опор. Неподвижные не допускают перемещения трубопровода в результате его теплового удлинения. Их обычно крепят к строительным конструкциям зданий. Подвижные конструкции, допускаю некоторое перемещение, в результате его нагревания и

охлаждения. Трубопроводы по всей длине должны быть окрашены в соответствующие цвета. В котельной обычно вывешивают схему трубопроводов в условных цветах, с номерами вентилей, задвижек, как и в натуре.

Трубопроводы подведомственные Ростехнадзору, после монтажа и капитального ремонта подвергаются гидравлическим испытаниям по нормам Ростехнадзора. Расстояние между кольцами должно быть 1-5 м. Кольца следует наносить перед проходом через стену и после выхода из нее, а также по обе стороны задвижек и вентилей. Ширина цветного кольца для трубопроводов диаметром по 150 мм - 50 мм; от 150 до 300 мм - 70 мм. Для уменьшения потерь теплоты, и создания безопасных условий труда, трубопроводы по которым движется теплоноситель с температурой выше 50 фланцевые соединения и арматуру покрывают тепловой изоляцией.

Тема 3. Контрольно-измерительные приборы котельных.

Приборы для измерения температуры.

В автоматизированных системах измерение температуры осуществляется, как правило, на основе контроля физических свойств тел функционально связанных с температурой последних. Приборы для контроля температуры по принципу действия могут быть разделены на следующие группы:

1. термометры расширения для контроля теплового расширения жидкости или твердых тел (ртутные, керосиновые, толуоловые и др.);

2. манометрические термометры для контроля температуры путем измерения давления жидкости, пара или газа, заключенных в замкнутую систему постоянного объема (например ТГП-100);

3. приборы с термометрами сопротивления или термисторами для контроля электрического сопротивления металлических проводников (термометры сопротивления) или полупроводниковых элементов (термисторов, ТСМ, ТСП);

4. термоэлектрические приборы для контроля термоэлектродвижущей силы (ТЭДС) развиваемой термопарой из двух различных проводников (величина ТЭДС зависит от разности температур спая и свободных концов термопары, присоединяемых к измерительной схеме) (ТПП, ТХА, ТХК и др.);

5. пирометры излучения для измерения температуры по яркости, цвету или тепловому излучению накаливаемого тела (ФЭП-4);

6. радиационные пирометры для измерения температуры по тепловому действию лучеиспусканию накаливаемого тела (РАПИР).

Вторичные приборы для измерения температуры.

1. Логометры предназначены для измерения температуры в комплекте с термометрами.

2. Мосты сопротивления стандартных градуировок 21, 22, 23, 24, 50-М, 100П и др.

3. Милливольтметры предназначены для измерения температуры.

4. Потенциометры термопарами стандартных градуировок ТПП, ТХА, ТХК и др.

Приборы для измерения давления и разряжения (в котельных).

По принципу действия приборы для измерения давления и разряжения разделяются на:

• жидкостные — давление (разряжение) уравнивается высотой столба жидкости (U-образные, ТДЖ, ТНЖ-Н и др.);

•пружинные — давление уравнивается силой упругой деформации чувствительного элемента (мембраны, трубчатой пружины, сильфона и т.п.) (ТНМП-52, НМП-52, ОБМ-1 и др.).

Преобразователи.

1. Дифференциально-трансформаторные (МЭД, ДМ, ДТГ-50, ДТ-200);
2. Токовые (САПФИР, Метран);
3. Электроконтактные (ЭКМ, ВЭ-16рб, ДМ-2005, ДНТ, ДГМ и др.).

Для измерения разряжения в топке котла чаще всего используют приборы модификации ДИВ (Метран22-ДИВ, Метран100-ДИВ, Метран150-ДИВ, Сапфир22-ДИВ)

Приборы для измерения расхода.

Для измерения расходов жидкостей и газов используют в основном два вида расходомеров — переменного и постоянного перепада.

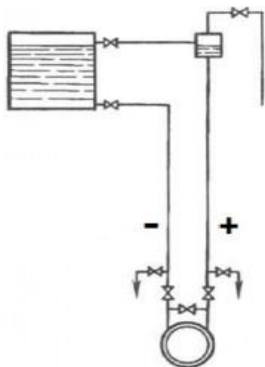
В основу принципа действия расходомеров переменного перепада положено измерение перепада давления на сопротивлении, введенном в поток жидкости или газа. Если измерять давление до сопротивления и непосредственно за ним, то разность давлений (перепад) будет зависеть от скорости потока, а следовательно, и от расхода. Такие сопротивления, установленные в трубопроводах, называются сужающими устройствами. В качестве сужающих устройств в системах контроля расхода широко применяются нормальные диафрагмы. Комплект диафрагм состоит из диска с отверстием, кромка которого с плоскостью диска составляет угол 45 град. Диск помещается между корпусами кольцевых камер. Между фланцами и камерами установлены уплотняющие прокладки. Отборы давления до и после диафрагмы берут из кольцевых камер.

В качестве измерительных приборов и передающих преобразователей в комплекте с преобразователями переменного перепада для измерения расхода применяют дифференциальные манометры (дифманометры) ДП-780, ДП-778-поплавковые; ДСС-712, ДСП-780Н-сильфонные; ДМ-дифференциально-трансформаторные; «САПФИР»-токовые.

Вторичные приборы для измерения уровня: ВМД, КСД-2 для работы с ДМ; А542 для работы с «САПФИРОМ» и другие.

Приборы для измерения уровня. Сигнализаторы уровня.

Предназначены для сигнализации и поддержания в заданных пределах уровня воды и жидких электропроводных сред в ёмкости: ЭРСУ-3, ЭСУ-1М, ЭСУ-2М, ESP-50. Устройства для дистанционного измерения уровня: УМ-2-32 ОНБТ-21М—сельсинный (комплект устройства состоит из датчика ДСУ-2М и приемника УСП-1М; датчик снабжен металлическим поплавком); УДУ-5М—поплавковый.



Для определения уровня воды в котле часто используют дифманометрический уровнемер, но обвязка при этом не классическая, а на оборот т.е. на плюсовой отбор подается отбор с верхней точки котла (импульсная трубка при этом должна быть заполнена водой), на минус с нижней, и задается обратная шкала прибора (на самом приборе или вторичном оборудовании). Данный способ измерения уровня в котле показал свою надежность и стабильность работы. Обязательно использование на одном котле двух таких приборов, один регулятор на втором сигнализация и блокировка.

Приборы для измерения состава вещества.

Автоматический стационарный газоанализатор МН5106 предназначен для измерения и регистрации концентрации кислорода в отходящих газах котельных установок. В последнее время в состав проектов автоматизации котельных включают анализаторы на СО-угарный газ.

Преобразователи типа П-215 предназначены для использования в системах непрерывного контроля и автоматического регулирования величины рН промышленных растворов.

Запально-защитные устройства.

Устройство предназначено для автоматического или дистанционного розжига горелок работающих на жидком или газообразном топливе, а также для защиты котлоагрегата при погасании факела (ЗЗУ, ФЗЧ-2).

Регуляторы прямого действия.

Регулятор температуры используется для автоматического поддержания заданной температуры жидких и газообразных сред. Регуляторы комплектуются прямым либо обратным каналом.

Регуляторы непрямого действия.

Система автоматического регулирования «Контур». Система «Контур» предназначена для применения в схемах автоматического регулирования и управления в котельных. Регулирующие приборы системы типа Р-25 (РС-29) формируют совместно с исполнительными механизмами (МЭОК, МЭО) — «ПИ»-закон регулирования.

Тема 4. Комплексная котельная автоматика.

Автоматика котельной - это комплекс оборудования, выполняющего функции по сбору и архивации информации о процессах эксплуатации и упрощению управления всеми процессами. Поступающие данные об эксплуатации сравниваются с заданными контрольными параметрами, и, в зависимости от полученных данных, включаются определенные регулирующие процессы.

Применение данного комплекса позволяет осуществлять производственные процессы без непосредственного участия человека, но под его контролем — дистанционно. Автоматизация производственных процессов способствует увеличению выпуска, снижению себестоимости и улучшению качества продукции, уменьшает численность обслуживающего персонала, повышает надежность и долговечность оборудования, улучшает условия труда и техники безопасности.

Функции автоматизи.

Применение систем автоматизации котельных выполняет две основные функции - это информационную (сбор и архивирование информации о процессе эксплуатации) и управляющую. Комплекс оборудования позволяет управлять и контролировать технологические операции без непосредственного участия рабочего персонала. Степень автоматизации процесса подбирается исходя из особенностей производственного процесса, его сложности и требований Заказчика.

Функции системы автоматизации газовой котельной:

1. Автоматическое и ручное управление сетевыми, циркуляционными, рециркуляционным и подпиточным насосами;
2. Погодозависимое регулирование температуры отопления;
3. Рассылка аварийных СМС сообщений на сотовые телефоны ответственных лиц при возникновении аварийных ситуаций на котельной;
4. Передача информации о параметрах работы газовой котельной (состояние насосов, клапанов, котлов; сигналы пожарно-охранной системы, сигнализаторов загазованности; значения температуры, давления; показания корректора газа, тепловычислителя и т.п.) на диспетчерский компьютер ООО «ГазЭнергоСибирь».

Уровни автоматизации котельной:

- локальная (частичная) автоматизация отдельных элементов оборудования;
- комплексная автоматизация определенного участка, комплекса оборудования, работающего как единая система;
- полная автоматизация: все функции управления выполняют технические средства.

Зачем нужна автоматизация котельной?

Автоматизация котельной положительно влияет на эффективность эксплуатации теплоэнергетического оборудования. Среди преимуществ можно назвать:

- повышение производительности и качества;
- улучшение безопасности и надежности процесса;
- уменьшение расходов на человеческие ресурсы;
- оптимизация всего процесса и исключение ошибок из-за человеческого фактора.

Системы автоматизации отопительных котельных.

Данная система предназначена для автоматизации регулирования основных теплотехнических процессов всей котельной, а также отдельных котлов и предусматривает защиту, сигнализацию, пуск и остановку котлов.

Система применяется для автоматизации котельных, оборудованных отопительными водогрейными и паровыми котлами, работающими на газе низкого и среднего давления, с теплопроизводительностью до 1 Гкал/ч и комплектуется общекотельными приборами и комплектами котловых приборов и устройств. Приняты следующие обозначения модификаций системы автоматизации отопительных котельных типа АМКО:

- приборы общекотельные — АМКО-ОК-1 для котельных с водогрейными котлами, АМКО-ОК-П для котельных с паровыми котлами;
- комплекты котловых приборов и устройств — АМКО-К-I для водогрейных котлов, работающих на газовом топливе низкого давления;
- АМ КО-К-II — для водогрейных котлов, работающих на газовом топливе среднего давления;
- АМКО-А- П — то же для паровых котлов.

Котловые приборы и устройства электрически объединены в *блок управления, розжига и сигнализации БУРС-1* и обеспечивают управление работой котлов, световую сигнализацию в случае аварийных ситуаций, напоминание причины аварии и передачу сигнала об аварии на диспетчерский пункт.

Система автоматизации обеспечивает полуавтоматический пуск котлоагрегата, регулирование теплопроизводительности котла, поддержание заданного давления пара и уровня воды в котле, регулирование подачи воздуха и тяги в соответствии с подачей газа и защиту котлоагрегата в следующих аварийных ситуациях:

- повышение температуры воды за водогрейным котлом или давления пара в паросборнике парового котла сверх допустимых значений;

- понижение давления воды за водогрейным котлом или спуск уровня воды в паросборнике парового котла ниже допустимых значений;
- падение разрежения в топке;
- повышение давления воды за водогрейным котлом или уровня воды в паросборнике парового котла выше заданных пределов;
- погасание пламени на горелке;
- падение давления воздуха перед горелками (при наличии дутьевого вентилятора);
- падение напряжения в цепях автоматики.

На рис. 1 показана принципиальная схема системы автоматики АМКО.

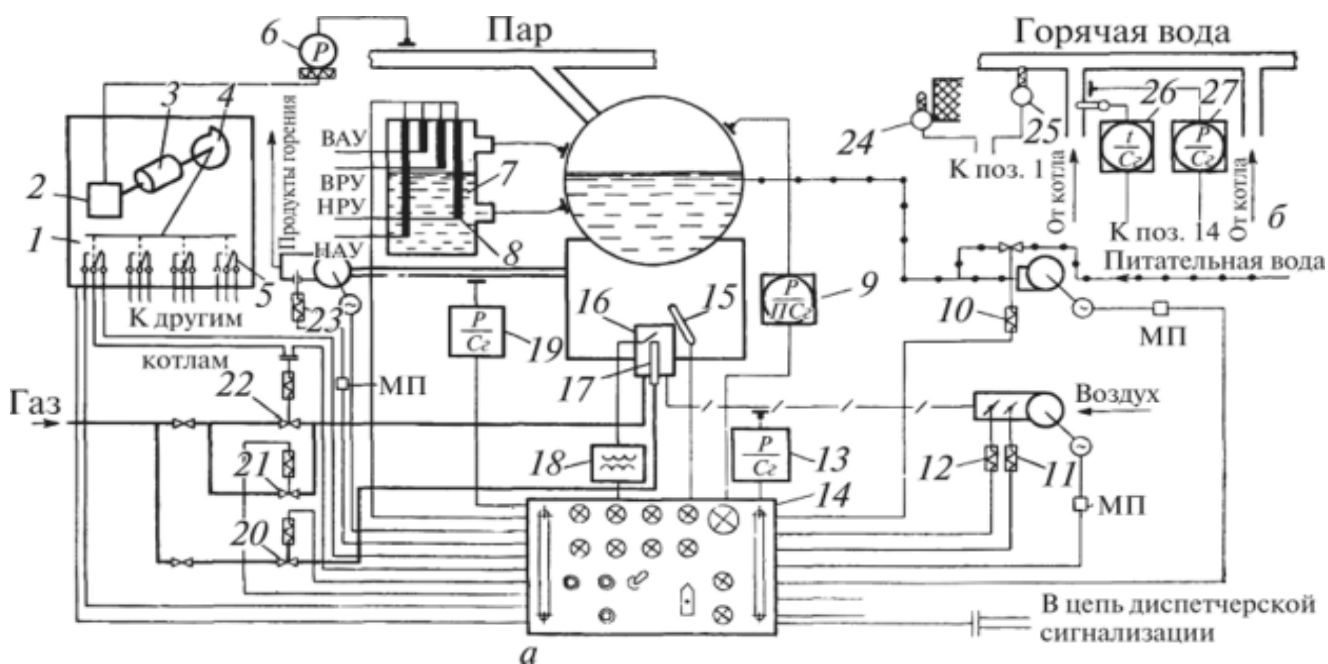


Рис. 1 Принципиальная схема автоматики АМКО: а — для паровых котлов; б — особенности для водогрейных котлов

Приборы и устройства системы АМКО общекотельные, основное назначение которых — поддержание в заданных пределах основных параметров котельной:

- соотношения температуры горячей воды на выходе из котельной и температуры наружного воздуха по отопительному графику;
- температуры горячей воды при работе котельной на горячем водоснабжении;
- давления в общей паровой магистрали при параллельной работе паровых котлов.

В комплект *общекотельных приборов* входят позиционный регулирующий прибор /типа ПРП и датчики (первичные приборы), в качестве которых служат термометры сопротивления 24 либо электрический дистанционный манометр 6 типа мэд.

В транзисторном усилителе регулирующего прибора ПРП осуществляются суммирование сигналов от первичных приборов, их сравнение с сигналом датчика и усиление регулирующего сигнала до значения, достаточного для пуска электродвигателя 3. На вилке электродвигателя закреплены кулачки 4, которые, поворачиваясь вокруг своей оси, воздействуют поочередно на шесть микропереключателей 5 и на дифференциально-трансформаторный датчик обратной связи.

На ось электродвигателя 3 позиционного регулирующего прибора кроме кулачков насажен также двухцветный диск с двумя оцинкованными секторами красного и белого

цвета. На передней панели ПРП имеется окно для наблюдения за движением двухцветного диска. Это дает возможность определить режим работы подключенного к регулятору котлоагрегата.

В системе АМКО применяется позиционный принцип регулирования. При управлении тремя котлами обеспечивается следующий порядок регулирования в котельной при снижении нагрузки:

- 1) отключается 60 % топлива на первом котле;
- 2) отключается 60 % топлива на втором котле;
- 3) отключается 100 % топлива на первом котле;
- 4) отключается 60 % топлива на третьем котле;
- 5) отключается 100 % топлива на втором котле;
- 6) отключается 100 % топлива на третьем котле.

Котельная с четырьмя котлами может работать без общекотельного регулятора. При наличии более четырех котлов порядок регулирования устанавливается в зависимости от назначения котельной. При этом может предусматриваться как использование дополнительных комплектов общекотельных приборов, так и работа всех (кроме трех) котлов в базовом режиме.

Порядок регулирования обеспечивается путем включения одного микропереключателя 5 в цепь управления соленоидным клапаном большого горения 22 (СКБГ — клапан газовый КГ-70 для АМКО-К-I и АМКО-К-IV и КГ-40 для АМКО-К-Н и АМКО-К-V), а другого — в цепь остановки котла в схеме автоматики безопасности, которая собрана в блоке 14 типа БУРС-1.

Если в котельной нет регулирующего прибора типа ПРП, параметры можно регулировать путем включения в цепь СКБГ специального терморегулирующего устройства типа ТУДЭ-11, ТПТ-СК (для водогрейных котлов) или реле давления типа РД-12, ЭКМ-IV (для паровых котлов). Эти устройства не входят в комплект автоматики АМКО.

Принцип работы автоматики безопасности котла (см. рис.) заключается в том, что при возникновении аварийной ситуации по одному из параметров (кроме погасания пламени) происходит размыкание контакта соответствующего датчика защиты и схема защиты срабатывает. Вследствие этого обесточиваются соленоидные клапаны 22 и 21 большого и малого горения (СКБГ и СКМГ — клапан газовый КГ-40 для АМКО-К-I и АМКО-К-IV и КГ-20 для АМКО-К-II и АМКО-К-V) и прекращается подача газа на горелки. После устранения причины аварии повторный пуск газа производит оператор котельной.

В случае возникновения аварийной ситуации из-за погасания пламени также отключаются клапаны 22 и 21 (СКБГ и СКМГ), но при этом схема включит катушку зажигания 18, тепловое реле времени и соленоидный клапан 20 запальника (СКЗ — клапан газовый КГ-10).

Особенность данной ситуации в том, что автоматически производится попытка разжечь котел в течение времени выдержки реле (8—15с). Если за это время факел не восстанавливается, клапан СКЗ также отключается.

На лицевой панели блока установлены *элементы управления*: выключатель пакетный ПВЗ-10, кнопки «Пуск» и «Стоп», предохранители и восемь лампочек. Под лампочками прикреплены надписи, характеризующие аварийное состояние, а также надписи «Сеть», «Нормальная работа». В случае возникновения аварийной ситуации включается соответствующая сигнальная лампочка и происходит запоминание причин

первичной аварии, автоматически отключается подача газа на горелки и включаются лампочки «Авария» и «Факела нет».

В состав системы АМКО приборов и устройств, поставляемых комплектно, входят как серийно выпускаемые датчики, так и созданные специально устройства: газовые клапаны КГ, контрольный электрод КЭ, газовый электрозапальник типа ЭЗ, электромагнитный исполнительный механизм типа ЭИК и уровнемерная колонка типа УК-4 с датчиками уровня типа ДУ.

Газовый электромагнитный клапан типа КГ (рис. 2) предназначен для дистанционного или автоматического включения и отключения газовых горелок, а при параллельной установке на двух линиях — для ступенчатого регулирования расхода газа; применяется при давлениях газа до 50 кПа. При его срабатывании необходимо закрыть ручное запорное устройство, расположенное по ходу движения газа после клапана. Между корпусом 1 клапана и крышкой 2 зажата мембрана 3. В центре мембраны имеется односторонний золотник 4, состоящий из верхнего диска и нижней мягкой прокладки.

Газ из полости А через сверления 20 и 15 поступает в полость В и далее по отверстиям 9 (диаметром 1 мм) и направляется в надмембранное пространство В. Если из полости В нет сброса, то давление газа в этой полости и давление под мембраной будут одинаковы. Под действием массы золотника и усиления пружины 5 будет обеспечено герметичное перекрытие прохода газа.

При подаче тока напряжением 220 В на электромагнит 10 в него втягивается сердечник 11, который через серьгу 12 и соединительное устройство 13 поднимает золотник 7. Вследствие этого газ из полости В через отверстие 8, открытое седло 18 и штуцер 19 сбрасывается в газопровод к запальнику или в топку. Давление в надмембранной полости В станет близким к атмосферному, мембрана 3 и золотник 4 под действием входного давления поднимутся, и откроется проход газа к горелке.

Ход клапана может изменяться с помощью регулировочного болта 6, расположенного в крышке 7. В случае отключения тока золотник 7 электромагнита под действием массы движущихся частей и пружины 16 опустится, выход газа из надмембранной полости прекратится и она вновь заполнится газом.

Это приведет к тому, что давление над мембраной 3 и давление под ней выравняются и золотник 4 под действием пружины 5 прекратит доступ газа к горелке. Ход золотника 7 может регулироваться соединительным устройством 13.

Для предотвращения утечки газа в атмосферу из клапанного устройства электромагнита установлена мембрана 14.

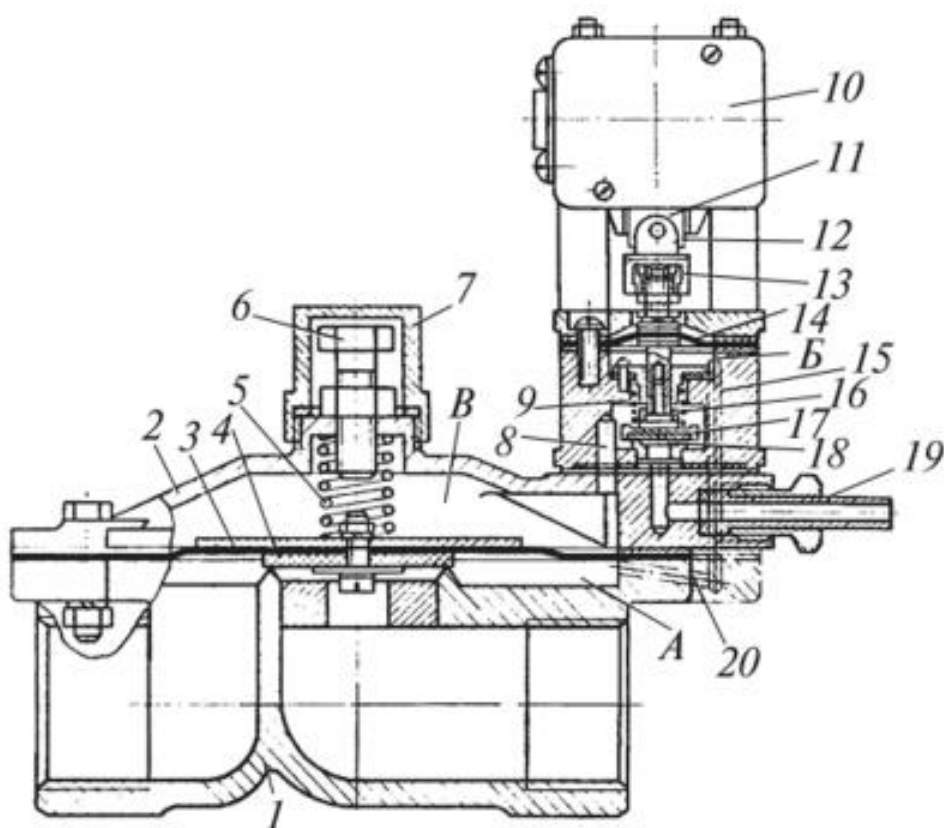


Рис. 2. Газовый электромагнитный клапан типа КГ

Регулирование питания паровых котлов производится путем поддержания уровня воды в паросборнике в заданных пределах. Автоматическое регулирование уровня воды осуществляется двухпозиционным регулятором, чувствительным элементом которого являются электроды ВРУ и НРУ. Один электрод установлен на нижнем регулируемом уровне — НРУ, второй — на верхнем — ВРУ.

Эти электроды жестко закреплены на уровнемерной колонке 1 (см. рис. 5.8) и изолированы от ее корпуса. При этом уровень воды в колонке должен соответствовать уровню воды в котле.

Роль исполнительного механизма выполняют различные элементы в зависимости от типа питательного насоса и его схемы привода. При применении питательного насоса мембранного типа роль исполнительного органа регулятора выполняет электромагнитный исполнительный механизм 10 типа ЭИМ, управляющий клапаном перепуска масла в системе гидравлического привода насоса. После открытия клапана перепуска прекращается работа насоса без отключения его от вала работающего двигателя.

Если питательный насос работает от индивидуального электродвигателя, функции исполнительного органа регулятора выполняет магнитный пускатель, управляющий работой этого электродвигателя. В случае обесточивания катушки магнитного пускателя питательный насос останавливается. Насос работает с номинальной производительностью до тех пор, пока уровень воды ниже ВРУ, при достижении ВРУ подача воды отключается до тех пор, пока уровень воды не станет ниже электрода НРУ и тогда насос вновь включается на номинальную производительность.

Таким образом, осуществляется двухпозиционное регулирование уровня воды. При одинаковой производительности питательного насоса время его работы и время холостого хода будут разными в зависимости от производительности котла.

Поддержание соотношения газа и воздуха, а также регулирование разрежения осуществляется путем электрической блокировки управления соленоидными клапанами двух режимов работы котла — большого и малого горения (СКБГ и СКМГ) и электромагнитными исполнительными механизмами, которые открывают воздушные заслонки на вентиляторе и дымососе.

Электромагнитный исполнительный механизм 11 (ЭИМ-МГ) работает совместно с соленоидным клапаном СКМГ, а электромагнитные исполнительные механизмы 12 и 23 (ЭИМ-БГ) — с соленоидным клапаном СКБГ, в результате чего достигается максимальное открытие заслонок вентилятора и дымососа при максимальном расходе газа.

В зависимости от типа используемых котлов и их оснащённости дымососами, вентиляторами, а также от режима работы котлов используются один или два ЭИМ. При отсутствии дымососа для поддержания постоянного разрежения в топке на линии подсоса воздуха в дымоход устанавливают саморегулирующуюся заслонку. В этом случае, а также при отсутствии вентилятора электромагнитные исполнительные механизмы не устанавливают.

Перед пуском котла необходимо осуществить подготовительные мероприятия согласно утверждённой инструкции:

1) при включении пакетного выключателя на блоке БУРС-1 подают напряжение на магнитные пускатели вентилятора, питательного насоса и дымососа, к цепям автоматики, загорается лампочка «Сеть»;

2) открывают с помощью ЭИМ-МГ и ЭИМ-БГ воздушные заслонки малого и большого горения, производят вентиляцию топки;

3) открывают трубопровод безопасности и подают газ к клапанам СКБГ и СКМГ;

4) после вентиляции топки (до 5 мин) нажимают кнопки «Пуск» на блоке БУРС-1, обращая внимание на то, чтобы к этому времени все контролируемые параметры автоматики безопасности находились в нормальных пределах;

5) закрывают воздушные заслонки с помощью ЭИМ-МГ и ЭИМ-БГ, открывают соленоидный клапан 20 и подают напряжение на катушку зажигания 18 и далее к газовому электрозапальнику 17.

Если розжиг запального устройства неудачный, то в течение определённого времени (до 15 с) будут отключены схема зажигания и соленоидный клапан 20 запальника и загорится лампочка «Авария». Так как в это время воздушные заслонки будут открыты, начнется вентиляция топки. Повторный пуск котла производится после выявления и устранения причин неудачного розжига.

При удачном розжиге запального устройства отключается схема зажигания, открывается воздушная заслонка малого горения, открывается соленоидный клапан горения СКМГ и воспламеняется основная горелка 16.

Соленоидный клапан запальника СКЗ и клапан СКМГ будут работать совместно в течение выдержки времени теплового реле (до 100 с). Далее отключается соленоидный клапан запальника, открывается воздушная заслонка большого горения с помощью ЭИМ-БГ и загорается лампочка «Нормальная работа».

После этого необходимо закрыть трубопровод безопасности, а тумблер на блоке БУРС-1 после прогрева секций котла перевести в положение «Нормальная работа». Это обеспечит включение соленоидного клапана большого горения СКБГ и его работу в

режиме зависимости от общекотельного регулятора. При этом питание к нему подается одновременно с подачей питания на блок БУРС-1.

Когда заданное давление воды в котле достигнуто, открывают вентиль на трубопроводе горячей воды. Соответственно в паровом котле при достижении заданного давления пара (300 кПа) открывают паровую задвижку.

Чтобы остановить котел, выполняют следующие операции:

1) перекрывают подачу газа к соленоидным клапанам и нажимают кнопку «Стоп», в результате чего произойдет отключение соленоидных клапанов, погаснут лампочка «Нормальная работа» и пламя в топке котла, загорится лампочка «Факела нет»;

2) открывают трубопровод безопасности и после вентиляции топки отключают питание блока БУРС-1М с помощью пакетного выключателя на лицевой панели блока;

3) отключают электродвигатели вентилятора, дымососа, питательного насоса и убеждаются, что погасли лампочки «Факела нет» и «Сеть».

7. Организация эффективного использования теплоэнергетических ресурсов

Тема 1. Структура и принципы эффективного использования теплоэнергетических ресурсов

Формирование основ политики энергосбережения в стране целенаправленно ведется с 1993 года, со времени образования межведомственного органа Государственного комитета по энергосбережению и энергетическому надзору России.

Основными принципами государственного управления в сфере энергосбережения являются:

1. осуществление государственного надзора за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов;

2. разработка государственных и межгосударственных научно-технических, республиканских, отраслевых и региональных программ энергосбережения и их финансирование;

3. приведение нормативных документов в соответствие с требованиями снижения энергоемкости материального производства, сферы услуг и быта;

4. создание системы финансово-экономических механизмов, обеспечивающих экономическую заинтересованность производителей и пользователей в эффективном использовании топливно-энергетических ресурсов, вовлечении в топливноэнергетический баланс нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, а также в инвестировании средств в энергосберегающие мероприятия;

5. повышение уровня обеспечения республики местными топливноэнергетическими ресурсами (ТЭР);

6. осуществление государственной экспертизы энергетической эффективности проектных решений;

7. создание и широкое распространение экологически чистых и безопасных энергетических технологий, обеспечение безопасного для населения состояния окружающей среды в процессе использования топливно-энергетических ресурсов;

8. реализация демонстрационных проектов высокой энергетической эффективности;

9. информационное обеспечение деятельности по энергосбережению и пропаганда передового отечественного и зарубежного опыта в этой области;

10. обучение производственного персонала и населения методам экономии топлива и энергии;

11. создание других экономических, информационных, организационных условий для реализации принципов энергосбережения.

Государственное управление в сфере энергосбережения, основанное на указанных основных принципах государственного управления, осуществляют Правительство и уполномоченный им орган государственного управления. Этим органом является:

1. Департамент конкуренции, энергоэффективности и экологии Министерства экономического развития РФ;

2. областные городское управления по надзору за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов;

3. Координационный межведомственный совет по энергосбережению и эффективному использованию местных топливных ресурсов;

4. Межведомственная комиссия по энергосбережению и соответствующие комиссии в областях;

5. Экспертный совет при Комитете по энергоэффективности.

Департамент конкуренции, энергоэффективности и экологии Министерства экономического развития РФ проводит государственную политику в области энергосбережения путем решения соответствующих задач. Основными задачами Департамента по энергоэффективности является ведение государственной политики в сфере энергосбережения и регулирование деятельности, направленной на эффективное использование и экономию топливно-энергетических ресурсов в народном хозяйстве республики. А также осуществление государственного надзора за рациональным использованием топлива, электрической и тепловой энергии объединениями, предприятиями, учреждениями и организациями, независимо от их форм собственности и подчинения. Осуществляя эти задачи, Департамент по энергоэффективности и его территориальные подразделения на местах организуют разработку и реализацию мер по энергосбережению; способствуют созданию экономических условий для повышения заинтересованности юридических и физических лиц в экономии топливно-энергетических ресурсов. Основной целью деятельности экспертного совета при Департаменте по энергоэффективности является разработка единой технической политики по приоритетным направлениям энергосбережения, стратегии развития этих направлений. Экспертный совет принимает участие в проведении экспертиз научнотехнологических и технико-экономических разработок, проектов строительства новых, расширения и реконструкции действующих объектов, разработке и рассмотрении проектов стандартов, норм и правил, технических условий, технологий, оборудования, приборов учета, регулирования, относящихся к сфере использования топливноэнергетических ресурсов.

В соответствии с Положением, утвержденным Правительством РФ, экспертный совет имеет право:

1. получать от министерств, других центральных органов управления, научноисследовательских институтов и Других ведомств информационные материалы, необходимые для выполнения возложенных на совет задач; вносить предложения (рекомендации) в Депэнергоэффективность, министерства и другие центральные органы управления о включении отдельных научно-исследовательских и опытноконструкторских работ; связанных разработкой и освоением производства энергосберегающего оборудования, приборов и другой энергоэффективной техники в планы, утверждаемые министерствами и ведомствами; вносить рекомендации о развертывании освоения производства энергосберегающих технологий, оборудования и приборов, нетрадиционных источников энергии, вторичных энергетических ресурсов на объектах

страны или же их ликвидации в случае малоэффективности, повышенного выхода из строя и неперспективности;

2. направлять свои предложения непосредственно министерствам, другим центральным органам управления, а также руководителям организаций и учреждений негосударственных форм собственности для использования в работе.

Тема 2. Планирование энергосберегающих мероприятий

Для проведения эффективной политики и координации деятельности государственных органов в сфере энергосбережения разрабатываются и утверждаются соответствующие отраслевые и региональные программы.

Организационное и методическое обеспечение разработки программ, а также контроль за ходом их разработки осуществляет Департамент по энергоэффективности, являясь одновременно государственным заказчиком этих программ. Разработка программ осуществляется на каждые предстоящие 5 лет, начиная с 2001 года. Отраслевые программы разрабатываются как долгосрочные, так и краткосрочные, и предоставляются на согласование в Департамент по энергоэффективности.

Долгосрочные программы разрабатываются на каждые предстоящие 5 лет, а краткосрочные на один год. В разработке программ принимают участие ведущие ученые и специалисты областных и городского управления по надзору за рациональным использованием топливно-энергетических ресурсов Департамент по энергоэффективности. Региональные программы разрабатываются на один год и согласовываются Департаментом по энергоэффективности. Таким образом, в области энергосбережения осуществляется краткосрочное (сроком на 1 год) и долгосрочное (сроком на 5 лет) планирование.

Тема 3. Подпрограмма «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в электроэнергетике»

Основные организационные мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в электроэнергетике охватывают:

- внедрение систем мониторинга энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- обучение и повышение квалификации руководителей и специалистов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- разработку и внедрение системы энергетического менеджмента.

Планируется осуществление технических мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности на конденсационных электростанциях на газе и твердом топливе, теплоэлектроцентралях. При техническом перевооружении действующих электростанций будет производиться: вывод из эксплуатации неэкономичного, выработавшего моральный и физический ресурс паросилового оборудования газовых тепловых электростанций и замещение его новыми установками с использованием газотурбинных и парогазовых технологий, модернизация и реконструкция действующих конденсационных и теплофикационных установок и станций с использованием современного энергоэффективного оборудования; вывод из эксплуатации морально и физически устаревшего оборудования с низкими параметрами пара угольных тепловых электростанций, замещение его новыми установками с использованием эффективных экологически чистых угольных технологий, модернизация и реконструкция действующих конденсационных и теплофикационных агрегатов с целью повышения их энергетической эффективности. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в электроэнергетике также связаны с необходимостью вывода из эксплуатации дизельных электростанций, выработавших ресурс, строительства

новых дизельных электростанций с использованием современных технологий (в условиях укрупнения и консолидирования поселков, их частичного закрытия, развития сетевого хозяйства), модернизации дизельных электростанций с использованием современного энергоэффективного оборудования. Реализация мероприятий подпрограммы обеспечит снижение среднего эксплуатационного удельного расхода топлива на отпуск электроэнергии от тепловых электростанций до 318 в 2015 году и до 300 в 2020 году. В электросетевом хозяйстве планируется повышение технического уровня, расширение освоения и внедрения в Единой энергетической системе России новых энергоэффективных инновационных технологий, разработка на их основе проектных решений. Ключевыми элементами энергосбережения и повышения энергетической эффективности в электроэнергетике являются наличие российских или иностранных лицензионных технологий с учетом прохождения стадии демонстрационных проектов, их унификация и типовое проектирование. Условием, необходимым для выполнения задач по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в электроэнергетике, является разработка новых технологий и освоение отечественным энергетическим машиностроением производства нового оборудования.

Основные технические мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в электросетевом хозяйстве направлены на снижение потерь электроэнергии и совершенствование системы коммерческого и технического учета электроэнергии в электрических сетях и у потребителей. Планируется выполнение крупномасштабных работ по реконструкции электрических сетей с целью повышения их надежности и эффективности. Реализация мероприятий подпрограммы обеспечила снижение потерь в электрических сетях до 8 - 9 процентов в 2020 году

В результате реализации мероприятий подпрограммы достигнута годовая экономия первичной энергии в объеме 25,32 млн. тонн условного топлива к концу I этапа (к 2016 году) и 58,05 млн. тонн условного топлива к концу II этапа (к 2021 году) и суммарной экономии первичной энергии в объеме 82,45 млн. тонн условного топлива на I этапе (2011 - 2015 годы) и 312,81 млн. тонн условного топлива за весь срок реализации Программы (2011 - 2020 годы).

8. Аварии в котельных, пути их предупреждения и локализации

Тема 1. Перечень возможных аварий в здании котельной.

При составлении плана ликвидации аварий проводится тщательная оценка опасностей и детальный анализ возможных рисков, связанных с каждым конкретным объектом промышленности. В качестве примера опишем варианты возможных аварий для котельного сооружения. ПЛАС для газовой котельной включает описание следующих возможных аварий:

1. Разгерметизация / разрушение на полное сечение наружного надземного газопровода → утечка газа под избыточным давлением → возникновение случайного источника воспламенения → струйное «факельное» горение газа → поражение тепловым излучением персонала и объектов инфраструктуры;

2. Разгерметизация / разрушение на полное сечение подводящего газопровода в помещении → утечка газа под избыточным давлением → образование облака ГВС большого объема с взрывоопасной концентрацией → возникновение случайного источника воспламенения → дефлаграционное сгорание облака ГВС в режиме «пожар-вспышка» → поражение персонала тепловым излучением;

3. Отказ автоматической системы контроля технологических параметров парового котла в помещении → образование избыточного давления → физический взрыв внутри котла → повреждение (разрушение) котла

4. Отказ автоматической системы контроля пламени газовой горелки термической печи в помещении → отрыв пламени с утечкой газа под избыточным давлением в объем топки печи → образование облака ГВС с взрывоопасной концентрацией внутри топки → возникновение случайного источника воспламенения (повторное срабатывание запального устройства) → взрыв облака ГВС (дефлаграционное сгорание) в объеме топки → повреждение (разрушение) печи с возможным разлетом осколков → поражение персонала, объектов инфраструктуры ударной волной и летящими осколками технологического оборудования, строительных конструкций → поражение персонала тепловым излучением;

5. и т.д.

Тема 2. Характер аварии.

НАРУШЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ ГАЗОПРОВОДА И ДРУГИЕ НЕПЛОТНОСТИ В ГАЗОПРОВОДЕ ПОСЛЕ ВХОДНОЙ ГАЗОВОЙ ЗАДВИЖКИ

Возможные последствия

1. Утечка газа и загазованность воздуха в помещении. Образование взрывоопасных концентраций газовой смеси.

2. Удушье обслуживающего персонала.

3. Воспламенение газовой смеси и возникновение пожара.

4. Взрыв газовой смеси в помещении котельной.

Действия оператора

1. Прекратить подачу газа к котлам.

2. Закрывать рабочие № , контрольный № запорные устройства котлов, закрыть кран № на свечах безопасности.

3. Интенсивно вентилировать помещение (открыть окна, двери).

4. Закрывать доступ газо-воздушной смеси из помещения котельной в топки и газоходы с целью предотвращения взрыва газо-воздушной смеси в топках котла и газоходах. (опустить шабера на газоходе).

5. Вызвать ответственного лица, сообщить в АДС газового участка.

6. Не допускать посторонних лиц в котельную. При воспламенении газовой смеси вызвать пожарную команду.

7. Не допускать применения огня.

8. Время остановки котлов зарегистрировать в оперативном журнале.

9. Если обслуживающий персонал плохо себя чувствует, то необходимо вызвать скорую помощь.

Действия ответственного лица

1. Обеспечить безопасность обслуживающего персонала, здания и оборудования котельной, в случае необходимости оказать первую помощь пострадавшим и вызвать скорую помощь.

3. Сохранить обстановку и оборудование (котлы, горелки, газопровод) в том состоянии, которое оказалось после аварии, если такое состояние не угрожает жизни людей.

4. Не допускать посторонних лиц в котельную.

5. Организовать работы по устранению последствий аварии после расследования обстоятельств аварии комиссией.

ВНИМАНИЕ: Пуск котельной после аварии и розжиг горелок котлов может быть произведен только после окончания работ, представления соответствующих технических документов работниками газового участка с разрешения комиссии, производившей расследование аварии.

НАРУШЕНИЕ ЦЕЛОСТНОСТИ ГАЗОПРОВОДА И ДРУГИХ НЕПЛОТНОСТЕЙ В ГАЗОПРОВОДЕ ДО ВХОДНОЙ ЗАДВИЖКИ

Возможные последствия

1. Утечка газа и загазованность помещения котельной.
2. Удушье обслуживающего персонала.
3. Образование взрывоопасной концентрации газовой смеси.
4. Воспламенение газовой смеси, возникновение очага пожара.
5. Взрыв газовой смеси в помещении котельной.

Действия оператора

1. Прекратить подачу газа к котлам с помощью ПКВ в ГРУ.
2. Закрывать рабочие № , контрольный № запорные устройства котлов, открыть краны № на свечах безопасности.
3. Закрывать задвижку на вводе в котельную и все последующие задвижки по ходу газа до котлов №____, открыть кран № продувочной свечи.
4. Интенсивно вентилировать помещение котельной (открыть окна, двери).
5. Закрывать доступ газовой смеси из помещения котельной в топку и газоходы с целью предотвращения взрыва газовой смеси в топке или газоходах. Опустить шиберы на газоходах, выключить дымоходы.
6. Вызвать ответственного лица, вызвать представителей газового участка.
7. Не допускать посторонних лиц в котельную.
8. Не допускать применения огня.
9. При воспламенении газовой смеси вызвать пожарную команду, принять меры по тушению пожара.
10. Время остановки котельной зарегистрировать в журнале.
11. Если обслуживающий персонал чувствует себя плохо, то необходимо вызвать скорую помощь.
12. Если произошел взрыв газовой смеси в топке котла или борове, оператор должен полностью отключить котельную от газоснабжения по Правилам аварийной остановки котельной, вызвать ответственного лица, сообщить в АДС газового участка.

Действия ответственного лица

До прибытия работников газового участка, ответственное лицо должно:

1. Обеспечить безопасность обслуживающего персонала, здания, оборудования котельной, в случае необходимости оказать первую помощь пострадавшим и вызвать скорую помощь по тел.03.
2. Организовать дежурство у входа в котельную, не допускать в котельную посторонних лиц.
3. Сообщить в Управление по технологическому и экологическому надзору.
4. Сохранить обстановку и оборудование (котлы, горелки, газопровод) в том состоянии, в котором они находились после аварии, если такое состояние не угрожает жизни окружающих людей.
5. Организовать работы по устранению последствий аварии после расследования обстоятельств аварии комиссией.

ВНИМАНИЕ: Пуск котельной после аварии и розжиг горелок котлов может быть произведен только после окончания ремонтных работ, представления соответствующей

документации работниками газового участка, разрешения комиссии, производившей расследование аварии.

ПОЖАР В КОТЕЛЬНОЙ ИЛИ ПОЖАР ВБЛИЗИ КОТЕЛЬНОЙ

Возможные последствия

1. Возможные ожоги обслуживающего персонала.

Действия оператора

1. Перекрыть подачу газа к котлам с помощью ПКН в ГРУ.
2. Закрыть рабочие № , контрольный № запорные устройства котлов, открыть краны № ____ на свечах безопасности и № на продувочной свече.
3. Закрыть газовую задвижку № 1 на вводе и все последующие газовые задвижки № 2, 3, 8.
4. Вызвать пожарную команду, вызвать ответственное лицо.
5. Приступить к ликвидации пожара имеющимися средствами пожарной защиты.

Действия ответственного лица

1. Принять участие в тушении пожара.
2. Оказать обслуживающему персоналу первую помощь, при надобности вызвать скорую помощь.
3. После устранения последствий пожара вызвать представителей газового участка для пуска и розжига котлов.

ПРОИЗОШЕЛ ВЗРЫВ ГАЗОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ В КОТЕЛЬНОЙ

Действия оператора

1. Полностью отключить котельную от газоснабжения по Правилам аварийной остановки котельной.
2. Вызвать ответственное лицо, сообщить АДС газового участка.

Действия ответственного лица

1. Обеспечить безопасность обслуживающего персонала, в случае необходимости оказать первую помощь пострадавшим и вызвать скорую помощь.
3. Сохранить обстановку и оборудование (котлы, горелки, газопровод) в том состоянии, которое оказалось после аварии, если такое состояние не угрожает жизни окружающих людей.
4. Не допускать посторонних лиц в котельную.
5. Организовать работы по устранению последствий аварии после расследования причин аварии.

ВНИМАНИЕ: Пуск котельной после аварии и розжиг горелок котла может быть произведен только после окончания ремонтных работ, предоставления соответствующей технической документации работникам газового участка, разрешения комиссии, производившей расследование.

ПРЕКРАЩЕНИЕ ПОДАЧИ ГАЗА К ГОРЕЛКАМ (СРАБОТАЛ ПКН В ГРУ, ЗАПАЛИ ЩЕЧКИ ЗАДВИЖКИ)

Возможные последствия

Внезапное погасание пламени горелки.

Действия оператора

1. Нажать кнопку "СТОП" автоматики _____.
2. Отключить горелки котлов, закрыв рабочие № и контрольные № , запорные устройства, открыть краны № свечи безопасности.
3. Проверить наличие давления газа по водному манометру.
4. Вызвать ответственное лицо, сообщить в АДС газового участка.
5. Время остановки котельной зарегистрировать в оперативном журнале.

Действия ответственного лица

1. Установить и организовать работы по устранению внезапного погасания факела горелок. Произвести пуск газа в соответствии с инструкцией по эксплуатации, произвести розжиг котла согласно Правил эксплуатации (совместно с оператором). Сделать запись в оперативном журнале.

2. Если ответственное лицо не может установить, а дежурный газового участка устранить причину аварии, то вызвать представителей Городского газового хозяйства (предприятия) через диспетчерскую. После выяснения и устранения причины погасания факела горелок производится пуск газа и розжиг котла в соответствии с Правилами эксплуатации и делается запись в оперативном журнале.

РАЗРУШЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Возможные последствия

1. Разрушение обмуровки.
2. Разрушение газопровода.
3. Удушье обслуживающего персонала.
4. Возможный травматизм обслуживающего персонала.
5. Взрыв газозавоздушной смеси в помещении котельной.
6. Пожар в котельной.

Действия оператора

1. Отключить котельную от газоснабжения закрыв в ГРУ задвижку № ____.
2. Вызвать ответственное лицо, сообщить в АДС газового участка. При возникновении пожара вызвать пожарную команду.

Действия ответственного лица

1. В случае необходимости оказать первую доврачебную помощь, вызвать скорую помощь.
3. Организовать дежурство у входа в здание, не допускать посторонних лиц в помещение котельной.
4. Сохранить обстановку и оборудование в том состоянии, которое было после аварии, если такое состояние не угрожает жизни людей.
5. Организовать работы по устранению последствий аварии, после расследования обстоятельств аварии комиссией.

ВНИМАНИЕ: Пуск котельной после аварии и розжиг горелок котла может быть произведен только после окончания ремонтных работ, предоставления соответствующей технической документации работниками газового участка, разрешения комиссии, производившей расследование.

ПОСТУПЛЕНИЕ УГАРНОГО ГАЗА В ПОМЕЩЕНИЕ ЦЕХА

Возможные последствия

1. Плохое самочувствие обслуживающего персонала.
2. Взрыв угарного газа.

Действия оператора

1. Прекратить подачу газа к горелкам котлов с помощью ПКВ в ГРУ.
2. Закрыть рабочие № и контрольные № запорные устройства котлов, открыть краны № ____ на свечах безопасности и краны № продувочной свечи.
3. Закрыть газовую задвижку № на вводе и все последующие газовые задвижки №.
4. Интенсивно вентилировать помещение котельной, открыть окна и двери.
5. Оказать доврачебную помощь, выйти на улицу или смежное проветриваемое помещение. Понюхать нашатырного спирта и потереть им виски. Выпить крепкого чая или кофе. Если улучшение состояния не наступает, то вызвать скорую помощь.

6. Вызвать ответственное лицо.

Действия ответственного лица

1. После выяснения причин попадания угарного газа в помещение котельной устранить неисправности.

2. После устранения неисправностей произвести пуск газа и розжиг горелки котлов согласно "Правил эксплуатации" и произвести запись в оперативном журнале.

Тема 3. План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий.

План мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на ОПО (ПМЛЛПА, ПЛАС, ПЛА) (далее - ПМЛА) - обязательный документ, которые наряду с поэтажными и эвакуационными планами, схемами энергосбережения должен иметь каждый опасный объект.

Основной целью разработки ПМЛА является планирование действий персонала котельной для локализации и ликвидации последствий возможных аварийных ситуаций.

Внимание. 1 января 2021 г. вступило в силу Постановление Правительства Российской Федерации от 15.09.2020 № 1437 "Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах", которое заменило ранее действующее Постановление Правительства РФ от 26.08.2013 г. №730.

На какие котельные необходимо разрабатывать ПМЛА.

В пункте 1 статьи 10 ФЗ-116 "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" указано, что на опасных производственных объектах (котельная является ОПО) должны планировать мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий. Данный процесс осуществляется путем разработки ПМЛА на котельную. Требование по разработке ПЛАС распространяется на котельные являющиеся ОПО и имеющие 1, 2, 3 класс опасности по любому признаку опасности, кроме:

1. использование оборудования, работающего под избыточным давлением более 0,07 мегапаскаля: пара, газа (в газообразном, сжиженном состоянии); воды при температуре нагрева более 115 градусов Цельсия; иных жидкостей при температуре, превышающей температуру их кипения при избыточном давлении 0,07 мегапаскаля.

2. использование стационарно установленных грузоподъемных механизмов, эскалаторов в метрополитенах, канатных дорог, фуникулеров.

Согласно вышесказанного, отметим следующее **ПМЛА не разрабатывается на котельные**, работающие на топливе, которое отсутствует в Приложении №2 к ФЗ-116 или количество топлива на объекте меньше максимального количества, указанного в таблице 2 Приложения №2 к ФЗ-116.

Горючие жидкости, используемые в технологическом процессе или транспортируемые по магистральному трубопроводу:

1. III класс опасности - 20 и более, но менее 200 тонн;
2. IV класс опасности - 1 и более, но менее 20 тонн.

Организация, которая эксплуатирует газопровод, работающий под высоким и средним давлением, должна разрабатывать ПМЛА. Так как "сеть газопотребления" имеет 3 класс опасности и признак опасности данного объекта "взрывопожароопасный".

Срок действия ПМЛА на котельную

В зависимости от класса опасности котельной предусмотрены различные сроки действия ПМЛА:

	Опасный производственный объект	Срок действия ПЛА
	для шахт угольных и объектов, на которых ведутся горные работы в подземных условиях	6 месяцев
	для объектов, на которых ведутся открытые горные работы	1 год
	для объектов I, II и III классов опасности (за исключением объектов, указанных в подпунктах 1 и 2 настоящего пункта) (система газопотребления, газовые котельные)	5 лет

Срок действия пересмотренного плана мероприятий соответствует срокам, указанным в таблице.

Переработка ПМЛА на котельную

ПЛАС документ оперативный и должен постоянно актуализироваться. Согласно ПП РФ 730 от 26.08.2013 "Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах" ПЛАС перерабатывается в следующих случаях и следующие сроки:

1. Не менее чем за 15 календарных дней до истечения срока действия предыдущего плана мероприятий.

2. Не позднее 30 календарных дней, после внесения следующих изменений:

- реконструкции, технического перевооружения объекта или внесения изменений в технологию производства;
- внесения изменений в системы управления технологическими процессами на объекте;
- изменения сведений, содержащихся в общих или специальных разделах плана мероприятий;

В иные сроки, в следующих случаях:

- на основании выводов, указанных в акте технического расследования причин аварий на объекте;
- по предписанию федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности или его территориального органа в случае выявления несоответствия сведений, содержащихся в плане мероприятий, сведениям, полученным в ходе осуществления федерального государственного надзора в области промышленной безопасности;
- на основании предостережения федерального органа исполнительной власти в области промышленной безопасности или его территориального органа о недопустимости нарушения обязательных требований промышленной безопасности в

случае выявления указанными органами новых факторов риска по результатам технического расследования причин аварий на иных аналогичных объектах.

После переработки плана мероприятий необходимо повторно согласовать его с профессиональной аварийно-спасательной службе (ПАСФ/АСФ), с которой заключен договор на обслуживание котельной.

Содержание ПМЛА на котельную

В плане содержатся следующие обязательные данные:

1. Общий раздел плана локализации и ликвидации аварий. Содержит:
 - а) характеристика объекта, в отношении которого разрабатывается план мероприятий;
 - б) сценарии наиболее вероятных аварий и наиболее опасных по последствиям аварий, а также источники (места) их возникновения;
 - в) характеристики аварийности, присущие объектам, в отношении которых разрабатывается план мероприятий, и травматизма на таких объектах;
 - г) количество сил и средств, используемых для локализации и ликвидации последствий аварий на объекте (далее - силы и средства), и их соответствие задачам по локализации и ликвидации последствий аварий;
 - д) организация взаимодействия сил и средств;
 - е) состав и дислокация сил и средств;
 - ж) порядок обеспечения постоянной готовности сил и средств к локализации и ликвидации последствий аварий на объекте с указанием организаций, которые несут ответственность за поддержание этих сил и средств в надлежащей степени готовности;
 - з) организация управления, связи и оповещения при авариях на объекте;
 - и) система взаимного обмена информацией между организациями - участниками локализации и ликвидации последствий аварий на объекте;
 - к) первоочередные действия при получении сигнала об авариях на объекте;
 - л) действия производственного персонала и аварийно-спасательных служб (формирований) по локализации и ликвидации аварий;
 - м) мероприятия, направленные на обеспечение безопасности населения (в случае если в результате аварий на объекте может возникнуть угроза безопасности населения);
 - н) организация материально-технического, инженерного и финансового обеспечения операций по локализации и ликвидации аварий на объекте.

Специальные разделы плана мероприятий (планы ликвидации аварий) разрабатываются на основании сведений, содержащихся в общих разделах плана мероприятий, и определяют порядок действий в случае аварий на объекте в соответствии с требованиями, установленными федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности.

9. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗДОРОВЬЕ

Тема 1. Расследование и учет несчастных случаев и профессиональных заболеваний

Расследование несчастного случая на производстве – это выявление в установленном порядке причин, которые привели к несчастному случаю на производстве.

Учет несчастных случаев на производстве – это документальная фиксация каждого несчастного случая на производстве.

Законодательство по охране труда содействует облегчению и оздоровлению условий труда, предотвращению травматизма и профессиональных заболеваний. Если несчастный случай все же произошел, закон призван содействовать выявлению и устранению его причин, а также возмещению ущерба потерпевшему.

Порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве определяется ст. 227-231 Трудового кодекса РФ и Положением об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях, утвержденным постановлением Минтруда России от 24.10.2002 N 73.

Какие несчастные случаи на производстве подлежат расследованию и учету.

Расследованию и учету в соответствии со ст. 227 ТК РФ подлежат несчастные случаи, происшедшие с работниками и другими лицами, участвующими в производственной деятельности работодателя (в том числе с лицами, подлежащими обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний), при исполнении ими трудовых обязанностей или выполнении какой-либо работы по поручению работодателя, а также при осуществлении иных правомерных действий, обусловленных трудовыми отношениями с работодателем либо совершаемых в его интересах, повлекшие за собой необходимость перевода пострадавших на другую работу, временную или стойкую утрату ими трудоспособности либо смерть пострадавших.

Лица, участвующие в производственной деятельности работодателя

К лицам, участвующим в производственной деятельности работодателя относятся:

1. Работники, исполняющие свои обязанности по трудовому договору.
2. Работники и другие лица, получающие образование в соответствии с ученическим договором.
3. Обучающиеся, проходящие производственную практику.
4. Лица, страдающие психическими расстройствами, участвующие в производительном труде на лечебно-производственных предприятиях в порядке трудовой терапии в соответствии с медицинскими рекомендациями.
5. Лица, осужденные к лишению свободы и привлекаемые к труду.
6. Лица, привлекаемые в установленном порядке к выполнению общественно-полезных работ.
7. Члены производственных кооперативов и члены крестьянских (фермерских) хозяйств, принимающие личное трудовое участие в их деятельности.

Что может быть несчастным случаем

Несчастливым случаем на производстве могут быть:

- Телесные повреждения (травмы), в том числе нанесенные другим лицом.
- Тепловой удар, ожог, обморожение, утопление.
- Поражение электрическим током, молнией, излучением.
- укусы и другие телесные повреждения, нанесенные животными и насекомыми.
- Повреждения вследствие взрывов, аварий, разрушения зданий, сооружений и конструкций, стихийных бедствий и других чрезвычайных обстоятельств.
- Иные повреждения здоровья, обусловленные воздействием внешних факторов.

Необходимо отметить, что не все несчастные случаи, можно квалифицировать как несчастные случаи на производстве. В некоторых ситуациях могут иметь место несчастные случаи, не связанные с производством. Расследование и того, и другого несчастного случая осуществляется одинаково, разница заключается в порядке оформления и учета.

Когда несчастный случай признается произошедшим на производстве

Несчастливым случаем на производстве является случай, если он произошел:

- в течение рабочего времени на территории работодателя либо в ином месте выполнения работы, в том числе во время установленных перерывов, а также в течение времени, необходимого для приведения в порядок орудий производства и одежды, выполнения других предусмотренных правилами внутреннего трудового распорядка действий перед началом и после окончания работы, или при выполнении работы за пределами установленной для работника продолжительности рабочего времени, в выходные и нерабочие праздничные дни;

- при следовании к месту выполнения работы или с работы на транспортном средстве, предоставленном работодателем (его представителем), либо на личном транспортном средстве в случае использования личного транспортного средства в производственных (служебных) целях по распоряжению работодателя (его представителя) или по соглашению сторон трудового договора;

- при следовании к месту служебной командировки и обратно, во время служебных поездок на общественном или служебном транспорте, а также при следовании по распоряжению работодателя (его представителя) к месту выполнения работы (поручения) и обратно, в том числе пешком;

- при следовании на транспортном средстве в качестве сменщика во время междусменного отдыха (водитель-сменщик на транспортном средстве, проводник или механик рефрижераторной секции в поезде, член бригады почтового вагона и другие);

- при работе вахтовым методом во время междусменного отдыха, а также при нахождении на судне (воздушном, морском, речном) в свободное от вахты и судовых работ время;

- при привлечении работника в установленном порядке к участию в работах по предотвращению катастрофы, аварии или иных чрезвычайных обстоятельств либо в работах по ликвидации их последствий;

- при осуществлении иных правомерных действий, обусловленных трудовыми отношениями с работодателем либо совершаемых в его интересах, в том числе действий, направленных на предотвращение катастрофы, аварии или несчастного случая.

В последнем случае необходимо будет доказать, что действие хотя и не входило в трудовые обязанности работника, но совершалось по поручению работодателя, а не по инициативе самого работника, за исключением действий, направленных на предотвращение аварии или несчастного случая.

Когда несчастный случай считается не связанным с производством

Несчастный случай считается не связанным с производством, если он произошел:

- в результате смерти вследствие общего заболевания или самоубийства, подтвержденной в установленном порядке учреждением здравоохранения и следственными органами;

- в результате смерти или повреждения здоровья, единственной причиной которых явилось, по заключению учреждениями здравоохранения, алкогольное, наркотическое или токсическое опьянение (отравление) работника, не связанное с нарушением технологического процесса, где используются технические спирты, наркотические и другие аналогичные вещества;

- в результате совершения пострадавшим проступка, содержащего по заключению правоохранительных органов признаки уголовно наказуемого деяния.

Решение о квалификации несчастного случая, происшедшего при совершении пострадавшим действий, содержащих признаки уголовного правонарушения принимаются комиссией с учетом официальных постановлений (решений) правоохранительных органов, квалифицирующих указанные действия. До получения указанного решения председателем комиссии оформление материалов расследования несчастного случая временно приостанавливается.

Несчастный случай на производстве является страховым случаем, если он произошел с работником, подлежащим обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, т.е. с лицами, работающими по трудовому договору или по гражданско-правовому договору, в котором установлено, что обязанностью одной из сторон является уплата страховых взносов.

Контроль за соблюдением порядка расследования и учета несчастных случаев на производстве

Контроль за соблюдением работодателями (юридическими и физическими лицами) установленного порядка расследования, оформления и учета несчастных случаев на производстве в подчиненных (подведомственных) организациях осуществляется в соответствии со ст. 353 Трудового кодекса РФ федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления, а также профессиональными союзами и состоящими в их ведении инспекторами труда в отношении организаций, в которых имеются первичные органы этих профессиональных союзов.

Государственный контроль (надзор) за соблюдением установленного порядка расследования, оформления и учета несчастных случаев на производстве осуществляется федеральной инспекцией труда.

Тема 2. Факторы, влияющие на условия труда

Условия труда - совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда.

Вредный производственный фактор - фактор среды и трудового процесса, который может вызвать профессиональную патологию, временное или стойкое снижение работоспособности, повысить частоту заболеваний, привести к нарушению здоровья потомства.

Вредными факторами могут быть:

а) физические факторы - температура, влажность и подвижность воздуха; электромагнитные излучения (ЭМИ) (ультрафиолетовое, видимое, инфракрасное, микроволновое, радиочастотное, низкочастотное), электромагнитные поля (ЭМП); шум; вибрация; освещённость и т.д.;

б) химические - пыли, пары вредных веществ, газы, кислоты, щелочи, растворы вредных веществ;

в) биологические - микроорганизмы, клетки и споры микроорганизмов, белковые препараты;

г) факторы трудового процесса характеризующие:

1. тяжесть физического труда - динамическая нагрузка, масса перемещаемого груза, перемещение в пространстве, рабочая поза;

2. напряжённость трудового процесса - интеллектуальная, эмоциональная, сенсорная (работа анализаторов), монотонность нагрузки, режим работы.

Опасный производственный фактор - фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной острого заболевания или внезапного и резкого ухудшения здоровья, смерти.

Согласно методическим указаниям Минтруда РФ «Оценка травмобезопасности рабочего места» от 1.09.1999г. к основным травмоопасным факторам относятся:

- движущиеся предметы, механизмы или машины, а также движущиеся их элементы (зубчатые, цепные, клиноремённые передачи, вращающиеся детали и др.);
- электрический ток;
- нагретые и (или) охлаждённые элементы оборудования, поверхности, перерабатываемое сырьё;
- агрессивные и ядовитые химические вещества;
- повреждения, полученные при падениях (падения на человека различных предметов и падения человека в результате подскользывания, запинания, падения с высоты).

Кроме того, в зависимости от количества (величины) и продолжительности воздействия любой вредный фактор может стать опасным.

Гигиенические нормативы условия труда - уровни вредных производственных факторов, которые при ежедневной (кроме выходных) работе, но не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не должны вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдалённые сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Гигиенические нормативы предназначены для гигиенической оценки существующих условий и характера труда в зависимости от вредных факторов на рабочих местах с целью:

- установления приоритетности проведения оздоровительных мероприятий;
- создание банка данных по существующим условиям труда на уровне предприятия, района, города, региона;
- определения административно-экономических санкций в связи с неблагоприятными условиями труда;
- аттестации рабочих мест.

Гигиеническая оценка и классификация условий труда основана на разделении условий труда по степени отклонения параметров производственной среды и трудового процесса от действующих гигиенических нормативов с учётом влияния этих отклонений на функциональное состояние и здоровье работающих.

Работа в условиях превышения гигиенических нормативов возможна при условии использования средств индивидуальной защиты (СИЗ) и при сокращении времени воздействия вредных факторов (защита временем).

Безопасные условия труда - условия труда, при которых воздействие на работающих вредных опасных факторов исключено или их уровни не превышают гигиенических нормативов.

Классы условий труда по степени вредности и опасности.

1 класс - оптимальные условия труда - такие условия, при которых сохраняются здоровье работающих и создаются условия для высокой работоспособности.

Оптимальные нормативы установлены для микроклимата и факторов трудового процесса.

Для других факторов условно за оптимальные принимаются уровни, принятые в качестве безопасных для населения.

2 класс - допустимые условия труда - это уровни факторов среды трудового процесса, которые не превышают гигиенических нормативов установленных для рабочих мест, а возможные изменения состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены.

1 и 2 классы - это безопасные условия труда.

3 класс - вредные условия труда - это повышения гигиенических нормативов и неблагоприятное воздействие на организм работающих и их потомств.

1 степень 3^{го} класса (3.1) - такие отклонения от гигиенических норм, которые вызывают обратимые функциональные изменения, риск заболеваний.

2 степень (3.2) - уровни факторов, которые могут вызывать стойкие функциональные нарушения, заболевания с временной утратой работоспособности, признаки профессиональной патологии.

3 степень (3.3) - уровни факторов, которые приводят к развитию процесса патологии в период трудовой деятельности с временной утратой работоспособности.

4 степень (3.4) - уровни факторов, которые могут привести к профессиональным заболеваниям с временной утратой работоспособности.

4 класс - опасные (экстремальные) условия труда - уровни факторов, которые в течение рабочей смены или части её создают угрозу для жизни, риск острых профессиональных поражений.

Методы анализа условий труда.

Основная задача анализа причин производственного травматизма и профзаболеваний - установление связей между причинами и обстоятельствами НС и их последствиями.

Наиболее распространенными технико-экономические и системный анализ.

Технико-экономические методы анализа.

Технический анализ - выявляет опасность производственного оборудования и технологических процессов, производственной обстановки (надёжность и прочность оборудования, сосудов под давлением, наличие взрывоопасных газов, ЛВЖ и т.п., а также отклонения производственной обстановки от допустимых норм при ведении технологических процессов).

Монографический метод - анализ опасных и вредных факторов, свойственных одному участку производству, одному технологическому процессу, отдельному виду оборудования или агрегату. Детальное изучение всех обстоятельств, при которых произошёл на данный момент несчастный случай.

Топографический метод - все НС наносятся на план цеха (участка), что позволяет представить группировку и частоту НС.

Экономический метод - заключается в определении потерь вызываемых травматизмом и заболеваниями. Он позволяет выявить наиболее важные направления по устранению травматизма.

Системный метод - изучение системы «человек - производственный процесс - трудовой процесс - производственная среда», которая состоит из двойных систем («человек - производственная среда», «человек - машина», «человек - производственный процесс»)

Статистический метод - основан на анализе статистических данных об уже происшедших НС, содержащихся в актах по форме Н-1 или отчётах предприятия. Он позволяет анализировать НС по причинам, тяжести, профессии, уровню обучения пострадавших, видам оборудования, возрасту, производству и другим факторам.

Чаще всего используется статистический, монографический и экономический метод анализа травматизма и заболеваний.

В настоящее время происходит постепенный переход к методу исследования и прогнозирования травматизма на основе определения приемлемого на данный период времени риска (вероятности) опасности и методам системного анализа («дерево причин», «дерево отказов»).

Аттестация и сертификация рабочих мест по условиям труда.

Аттестация рабочих мест по условиям труда - система анализа и оценки рабочих мест для проведения оздоровительных мероприятий, ознакомления работающих с условиями труда, сертификации работ по охране труда, подтверждения или отмены права предоставления компенсации и льгот работникам, занятым на тяжёлых работах и работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

Проведение аттестации регламентировано в «Положении о порядке проведения аттестации рабочих мест по условиям труда» утверждённого Минтруда и соцразвития РФ №12 от 14.03.1997г.

Аттестации подлежат все рабочие места в организации.

Аттестация рабочих мест производится по следующим направлениям:

- оценка условий труда по гигиеническим критериям, включая определение уровней вредных и опасных производственных факторов, на основе инструментальных измерений, а также оценку тяжести и напряжённости трудового процесса;
- оценка травмобезопасности рабочих мест, включая оценку средств обучения и инструктажа;
- оценка обеспечённости работников средствами индивидуальной защиты.

Оценка травмоопасности рабочих мест проводится в соответствии с Методическими указаниями «Оценка травмобезопасности рабочих мест для целей их аттестации по условиям труда» утверждённым Минтруда и соцразвития № МУ ОТ РМ 02-99 от 30.07.1999г. (введены в действие 1.09.1999г.).

Объектами оценки травмобезопасности рабочих мест являются:

- производственное оборудование;
- приспособления и инструменты;
- средства обучения и инструктажа.

Оценка травмобезопасности проводится путём проверки соответствия средств производства, приспособлений и инструментов и средств обучения и инструктажа требованиям нормативных правовых актов, наличия сертификатов безопасности на производственное оборудование.

Карта аттестации рабочих (его) мест (а) по условиям труда является документом, содержащем сведения о:

- фактических условиях труда на рабочем месте;
- применяемых льготах и компенсациях работникам и соответствии их действующему законодательству;
- нормах выдачи спецодежды и защитных средств;
- рекомендации по улучшению условий труда на данном рабочем месте или группе аналогичных рабочих мест;
- в случае необходимости, предложения об отмене льгот и компенсаций или введении новых

Сертификация работ по охране труда в организациях осуществляют органы по сертификации. Сертификация осуществляется путём проверки и оценки деятельности работодателя по обеспечению охраны труда в соответствии с государственными

нормативными требованиями, с учётом проведения аттестации рабочих мест и особенностей организации работ по охране труда в отраслях экономики. («О создании Системы сертификации работ по охране труда в организациях» постановление Минтруда РФ №28 от 24.04.2002г.) Сертификации подлежат все работы по охране труда в организациях.

Тема 3. Взаимодействие человека с опасными и вредными производственными факторами

Идентификация опасных и вредных факторов производства и оценка риска.

Обеспечение безопасности человека в процессе труда – сложная инженерная и организационная задача, которая, безусловно, зависит от конкретных обстоятельств и условий того или иного производства. Вместе с тем технические основы управления безопасностью условий труда достаточно типичны и состоят в *идентификации (распознавании) опасных и вредных производственных факторов, оценке рисков, включая их анализ и управление ими*. Разнообразие опасных и вредных производственных факторов допускает самые различные их классификации, которые на практике используются для идентификации опасных и вредных производственных факторов и связанных с ними рисков с целью последующей организации защиты от наиболее часто встречающихся (*высокий вероятностный риск*) и приносящих наибольший ущерб (*высокий стоимостный риск*) факторов.

В отечественной практике **идентификация опасных и вредных производственных факторов** производится на рабочих местах методом **аттестации рабочих мест по условиям труда**.

При идентификации опасных и вредных производственных факторов *по характеру воздействия на организм* их разделяют на два основных вида:

а) **опасные факторы**, связанные с воздействием *импульсного* характера, последствием которого является практически мгновенное травмирование человека. Условиями проявления опасного фактора и травмирования работника являются:

- наличие материального носителя энергии с определенной пороговой мощностью, достаточной для травмирования человека, либо наличие условий, когда этим носителем становится само тело человека (при падении);
- отсутствие, отказ или неэффективность защитных средств;
- возможность совмещения зоны действия опасного фактора с местонахождением работника;

б) **вредные факторы**, связанные с воздействием *кумулятивного* характера на протяжении более или менее длительного периода времени; результатом накопления в организме неблагоприятных последствий от воздействия вредных факторов становится переутомление или заболевание. Условием проявления вредного фактора и заболевания работника служат:

- наличие материального носителя вредности с определенной пороговой мощностью (концентрацией, интенсивностью), достаточной для преодоления порогового уровня защитных сил организма;
- отсутствие, отказ или неэффективность защитных средств;
- возможность длительного пребывания человека в зоне действия вредного фактора, достаточного для накопления в организме пороговой дозы необратимого изменения (путем кумуляции микроизменений) в организме.

При анализе опасных и вредных производственных факторов следует учитывать *особенности их возникновения*.

В этой связи различают:

а) **детерминированный (механический) фактор**, связанный с характеристиками технологического процесса, оборудования и инструмента, сырья и готового продукта, зданий и сооружений, производственной среды;

б) **случайный фактор**, связанный с результатом внезапного отказа оборудования, нарушения технологических режимов или возникновения нештатных (незапланированных, необычных, непредвиденных) ситуаций. Опасные и вредные производственные факторы первого рода могут быть учтены на стадии проектирования, монтажа, эксплуатации, консервации и реконструкции любого объекта; факторы второго рода возникают случайно и предугадать их очень сложно.

При оценке (анализе) риска важную роль играет исходная информация. В зависимости от стадии, на которой выполняется оценка риска, в качестве исходной информации могут быть использованы:

- результаты аттестации рабочих мест по условиям труда;
- статистические данные о частоте и характере проявлений опасности и (или) их последствий в виде травм и заболеваний по различным подразделениям, операциям, рабочим местам, профессиям и т.п.;
- гигиенические нормативы, государственные нормативные требования охраны труда и т.д.;
- базовые показатели производственного травматизма и профессиональной заболеваемости для данного вида экономической деятельности или аналогичных предприятий или производств.

Оценка риска начинается с внимательного обзора каждой стадии процесса, каждого участка производства, с тем чтобы выявить возможные и существующие опасности. Затем проводится анализ, который включает тщательный подбор материалов, используемых на данной производственной стадии; разбор условий труда; состояния оборудования, его местоположения. Анализ выявленных опасностей осуществляется группой компетентных лиц – не менее трех человек, прошедших обучение и имеющих соответствующую квалификацию. Завершается анализ заполнением "**Листа выявления опасностей**", в котором указываются состав группы; место проверки; описание опасности; способ ее устранения; оценка опасности; ответственный за выполнение и срок выполнения предложенного мероприятия. С "Листом выявления опасностей" должны быть ознакомлены руководитель подразделения, специалист, ответственный за данное оборудование, инженер по охране труда, руководитель производства.

В зарубежной и российской практике с целью анализа рисков производственных травм под **идентификацией опасных факторов** понимают небезопасные действия и небезопасные условия труда. При этом считается, что небезопасные действия (вследствие необученности персонала, неправильной организации труда и т.д.) становятся причиной большинства (до 96%) всех происшествий в организации и только 4% происшествий являются следствием неблагоприятных условий труда (неисправность оборудования, конструктивные недостатки и т.д.).

Чтобы определить реальный (возможный) риск этих опасных факторов, их сначала идентифицируют, и с этой целью используют результаты аттестации рабочих мест по условиям труда. Дальнейшему рассмотрению и анализу подлежат только те опасные и вредные факторы, которые представляют реальную опасность для работников организации. Затем, используя качественный и количественный метод оценки рисков (на базе прошлого опыта и путем анализа статистических данных за последние 10–15 лет), выделяют наиболее высокие (неприемлемые) из них и проводят их детальный анализ с помощью методов:

- анализа опасности и связи с утратой трудоспособности;
- "дерева отказов";
- "дерева событий".

После обобщения оценки рисков важно разработать рекомендации по их уменьшению. Основные группы методов воздействия на риск, общая схема процесса управления риском и процесса количественной оценки риска представлены на рис. 1 и 2.



Рис. 1. Общая схема процесса управления риском



Рис. 2. Общая схема процесса количественной оценки риска

Результаты оценки рисков используются для определения целей и задач в области охраны труда организации и составления программ мероприятий по улучшению условий и охраны труда. Причем новизна подхода здесь заключается в том, что на основании анализа рисков устанавливаются цели и определяются задачи. Впоследствии эти цели и задачи входят в программу мероприятий по охране труда, в которую дополнительно включается:

- распределение ответственности за достижение целей и задач;
- оценка и мобилизация ресурсов (людских, финансовых, технологических и др.);
- определение сроков реализации;
- учет новых разработок и планирование видов деятельности.

Используя такой системный метод, можно планомерно устранять источники травматизма и тем самым создавать предпосылки для последовательного снижения травматизма до полной его ликвидации.

Тема 4. Пожарная безопасность

Пожарная безопасность на предприятии — это комплекс мер для защиты имущества и людей от возникновения пожара и его возможных последствий.

Кто отвечает за пожарную безопасность на предприятии

В каждой организации, в первую очередь, за обеспечение пожарной безопасности отвечает руководитель. Эта обязанность закреплена в федеральном законе (ФЗ-№69) и лежит на руководителе априори безо всяких дополнительных приказов. При желании и/или необходимости руководитель может создать приказ и назначить другого сотрудника в роли ответственного за пожарную безопасность. Таким приказом руководитель делегирует свои обязанности данному сотруднику и делит с ним ответственность за обеспечение пожарной безопасности на предприятии. Нужно понимать, что несмотря на приказ, руководитель не снимает с себя 100% ответственность за пожарную безопасность, а делит ее с ответственным лицом, назначенным приказом. Почему делит? Потому, что не все зависит от специалиста, ответственного за пожарную

безопасность. Финансовая сторона вопроса о реализации тех или иных мероприятий, которые нужно осуществлять в рамках обеспечения пожарной безопасности, остается во власти руководителя, а значит и ответственность тоже. Не говоря уже о том, что контроль за исполнением приказа и выполнением обязанностей ответственного за пожарную безопасность тоже остается на руководителе.

Как обеспечить пожарную безопасность на предприятии.

Пожарная безопасность на предприятии — это комплекс мер. Давайте рассмотрим какие это меры и что нужно делать.

1. Организационно-распорядительные меры пожарной безопасности на предприятии.

1.1 Разработка документов по пожарной безопасности на предприятии:

- журналы;
- приказы;
- инструкции.

1.2. Разработка и подача в МЧС декларации пожарной безопасности (не для всех предприятий)

2. Обучение мерам пожарной безопасности, пропаганда и тренировки:

- обучение руководителя и ответственного за пожарную безопасность 1 раз в 3 года по программе “пожарно-технический минимум” (ПТМ);
- обучение всех сотрудников противопожарному инструктажу (1 раз в год);
- тренировки по эвакуации и работе с огнетушителем;
- создания уголка пожарной безопасности с информационными плакатами.

3. Технические меры пожарной безопасности на предприятии:

- разработка планов эвакуации;
- размещение знаков пожарной безопасности во всех помещениях предприятия и на его территории;
- оснащение огнетушителями и первичными средствами пожаротушения;
- установка пожарной сигнализации, систем оповещения, дымоудаления и пожаротушения (при необходимости) + заключение договора на последующее техническое обслуживание;
- обеспечение работоспособности пожарных кранов и рукавов;
- обеспечение необходимого количества эвакуационных выходов и установка противопожарных дверей (при необходимости);
- проверка и испытание пожарных лестниц и ограждений крыш;
- огнезащитная обработка конструкций.

Нужно понимать, что для каждого предприятия свои требования пожарной безопасности. Например, для производственного объекта это будут существенные требования и вложения. А вот для маленького офиса, который арендует помещение в офисном центре, это будет только первые два пункта, которые не требуют сильных материальных вложений, но требуют времени и правильного оформления документации.

Руководитель организации, как ответственный за пожарную безопасность, обязан:

- пройти пожарной-технический минимум (ПТМ) с получением удостоверения согласно требованиям ФЗ №69 «О пожарной безопасности»;
- разрабатывать всю необходимую документацию по пожарной безопасности с учетом специфики вашего объекта;
- проводить инструктажи по пожарной безопасности с каждым новым сотрудником и ежегодно со всеми старыми сотрудниками вашей компании.

6. ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие отношения регулирует Федеральный закон «О техническом регулировании»? **а) Разработку, принятие, применение и исполнение обязательных требований к продукции, процессам производства, эксплуатации хранения, перевозки, реализации и утилизации. б) Разработку, принятие, применение и исполнение на добровольной основе требований к продукции, процессам производства эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнению работ или оказанию услуг. в) Оценку соответствия. г) Права и обязанности участников отношений. д) Оценку технико-экономического уровня продукции, услуг и работ на соответствие лучшим мировым образцам.**

2. На какие объекты распространяется сфера применения Федерального закона «О техническом регулировании»? **а) На единую сеть связи РФ. б) На государственные образовательные стандарты. в) На положения о бухгалтерском учете. г) Правила аудиторской деятельности. д) Стандарты эмиссии ценных бумаг. е) На требования к продукции. ё) На требования к процессам производства продукции. ж) На требования к выполнению работ и оказанию услуг.**

3. Что такое «декларирование соответствия»? **а) Форма подтверждения соответствия продукции требованиям технических регламентов. б) Совокупность свойств декларируемой продукции. в) Совокупность оценки технико-экономических показателей продукции требованиям технических условий. г) Документирование конструктивно-правовых особенностей продукции.**

4. Что представляет собой знак соответствия? **а) Товарный знак. б) Торговую марку. в) Документ, удостоверяющий соответствие выпускаемой в обращение продукции требованиям потребителей. г) Обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии выпускаемой в обращение продукции требованиям технических регламентов. д) Обозначение, служащее для информирования приобретателей о соответствии объекта сертификации требованиям системы добровольной сертификации или национальному стандарту.**

5. Каким документом установлены правовые основы подтверждения соответствия продукции (или иных объектов) требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров? **а) Федеральным законом «О защите прав потребителей». б) Федеральным законом «О техническом регулировании». в) Федеральным законом «О сертификации продукции и услуг». г) Федеральным законом «О стандартизации».**

6. Как называется документ, удостоверяющий соответствие объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров? **а) Сертификат соответствия. б) Патент. в) Стандарт. г) Спецификация. д) Декларация.**

7. Что в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» представляет собой стандартизация? **а) Деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг. б) Правовое регулирование отношений в области оценки соответствия и установления, применения и исполнения обязательных и добровольных требований к продукции, процессам производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации. в) Определенный порядок документального удостоверения соответствия продукции или иных объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или**

условиям договоров. г) Форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

8. Какие документы используются в области стандартизации на территории РФ (в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании»)? а) **Национальные стандарты.** б) **Правила стандартизации, нормы и рекомендации в области стандартизации.** в) **Применяемые в установленном порядке классификации, общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации.** г) Стандарты Европейского союза. д) **Стандарты организаций.**

9. Как в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» называется стандарт, утвержденный национальным органом Российской Федерации по стандартизации? а) Международный стандарт. б) Технический регламент. в) Межгосударственный стандарт. г) **Национальный стандарт.**

10. Дайте определение метрологии: а) наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности; б) комплект документации описывающий правило применения измерительных средств; в) **система организационно правовых мероприятий и учреждений созданная для обеспечения единства измерений в стране;** г) A+B; д) все перечисленное верно.

11. Что такое измерение? а) определение искомого параметра с помощью органов чувств, номограмм или любым другим путем; б) **совокупность операций, выполняемых с помощью технического средства, хранящего единицу величины, позволяющего сопоставить измеряемую величину с ее единицей и получить значение величины;** в) применение технических средств в процессе проведения лабораторных исследований; г) процесс сравнения двух величин, процесс, явлений и т. д.; д) все перечисленное верно

12. Единство измерений это: а) состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах, а погрешности известны с заданной вероятностью и не выходят за установленные пределы; б) применение одинаковых единиц измерения в рамках ЛПУ или региона; в) **применение однотипных средств измерения (лабораторных приборов) для определения одноименных физиологических показателей;** г) получение одинаковых результатов при анализе пробы на одинаковых средствах измерения; д) все перечисленное верно

13. Погрешностью результата измерений называется: а) отклонение результатов последовательных измерений одной и той же пробы; б) разность показаний двух разных приборов полученные на одной той же пробе; в) **отклонение результатов измерений от истинного (действительного) значения;** г) разность показаний двух однотипных приборов полученные на одной той же пробе; д) отклонение результатов измерений одной и той же пробы с помощью различных методик.

14. Правильность результатов измерений это: а) результат сравнения измеряемой величины с близкой к ней величиной, воспроизводимой мерой; б) характеристика качества измерений, отражающая близость к нулю систематических погрешностей результата; в) определяется близость среднего значения результатов повторных измерений к истинному (действительному) значению измеряемой величины; г) **"Б"+"В";** д) все перечисленное верно.

15. К мерам относятся: а) **эталоны физических величин;** б) стандартные образцы веществ и материалов; в) все перечисленное верно.

16. Стандартный образец это: а) **специально оформленный образец вещества или материала с метрологически аттестованными значениями некоторых свойств;** б)

контрольный материал полученный из органа проводящего внешний контроль качества измерений; в) проба биоматериала с точно определенными параметрами; г) все перечисленное верно.

17. Косвенные измерения - это такие измерения, при которых: а) применяется метод наиболее быстрого определения измеряемой величины; **б) искомое значение величины определяют на основании результатов прямых измерений других физических величин, связанных с искомой известной функциональной зависимостью;** в) искомое значение физической величины определяют путем сравнения с мерой этой величины; г) искомое значение величины определяют по результатам измерений нескольких физических величин; д) все перечисленное верно.

18. Прямые измерения это такие измерения, при которых: а) искомое значение величины определяют на основании результатов прямых измерений других физических величин, связанных с искомой известной функциональной зависимостью; б) применяется метод наиболее точного определения измеряемой величины; **в) искомое значение физической величины определяют непосредственно путем сравнения с мерой этой величины;** г) градуировочная кривая прибора имеет вид прямой; д) "Б"+"Г"

19. Статические измерения – это измерения: а) проводимые в условиях стационара; **б) проводимые при постоянстве измеряемой величины;** в) искомое значение физической величины определяют непосредственно путем сравнения с мерой этой величины; г) "А"+"Б"; д) все верно.

20. Динамические измерения – это измерения: а) проводимые в условиях передвижных лабораторий; б) значение измеряемой величины определяется непосредственно по массе гирь последовательно устанавливаемых на весы; **в) изменяющейся во времени физической величины, которые представляется совокупностью ее значений с указанием моментов времени, которым соответствуют эти значения;** г) связанные с определением сил действующих на пробу или внутри пробы.

21. Государственный метрологический надзор осуществляется: а) на частных предприятиях, организациях и учреждениях; б) на предприятиях, организациях и учреждениях федерального подчинения; в) на государственных предприятиях, организациях и учреждениях муниципального подчинения; г) на государственных предприятиях, организациях и учреждениях имеющих численность работающих свыше ста человек; **д) на предприятиях, в организациях и учреждениях вне зависимости от вида собственности и ведомственной принадлежности.**

22. Поверка средств измерений: а) определение характеристик средств измерений любой организацией имеющей более точные измерительные устройства чем поверяемое; б) калибровка аналитических приборов по точным контрольным материалам; **в) совокупность операций, выполняемых органами государственной службы с целью определения и подтверждения соответствия средства измерений установленным техническим требованиям;** г) совокупность операций, выполняемых, организациями с целью определения и подтверждения соответствия средства измерений современному уровню; д) все перечисленное верно.

23. Укажите объекты метрологии: а) метрологические службы юридических лиц; **б) нефизические величины;** в) продукция; **г) физические величины.**

24. Как называется качественная характеристика физической величины: а) величина; б) единица физической величины; в) значение физической величины; г) размер; **д) размерность**

25. Как называется количественная характеристика физической величины: а) величина; б) единица физической величины; в) значение физической величины; **г) размер;** д) размерность.

26. Дайте определение понятия «методика измерений»: а) исследование и подтверждение соответствия методик (методов) измерений установленным метрологическим требованиям к измерениям; **б) совокупность конкретно описанных операций, выполнение которых обеспечивает получение результатов измерений с установленными показателями точности;**

в) совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений; г) совокупность операций, выполняемых для определения количественного значения величины; д) совокупность средств измерений, предназначенных для измерений одних и тех же величин, выраженных в одних и тех же единицах величин, основанных на одном и том же принципе действия, имеющих одинаковую конструкцию и изготовленных по одной и той же технической документации.

27. Как называется анализ и оценка правильности установления и соблюдения метрологических требований применительно к объекту, подвергаемому экспертизе: а) аккредитация юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на выполнение работ и/или оказание услуг области обеспечения единства измерений; б) аттестация методик (методов) измерений; в) государственный метрологический надзор; **г) метрологическая экспертиза;** д) поверка средств измерений.

28. Как называется совокупность операций, выполняемых пня определения количественного значения величины: а) величина; б) значение величин; **в) измерение;** г) калибровка; д) поверка.

29. Какие требования предъявляются к эталонам: а) размерность; б) погрешность; **в) неизменность;** г) точность; **д) воспроизводимость; е) сличаемость.**

30. Какие эталоны передают свои размеры вторичным эталонам: а) международные эталоны; б) вторичные эталоны; **в) государственные первичные эталоны;** г) калибры; д) рабочие эталоны.

31. В чем состоит принципиальное отличие поверки от калибровки: **а) обязательный характер;**

б) добровольный характер; в) заявительный характер; г) правильного ответа нет.

32. Какие эталоны передают информацию о размерах рабочим средствам измерения: а) государственные первичные эталоны; б) государственные вторичные эталоны; в) калибры;

г) рабочие средства измерения; д) рабочие эталоны.

33. Как называется совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям: **а) поверка;** б) калибровка; в) аккредитация;

г) сертификация; д) лицензирование.

34. Калибровка — это: а) совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям; б) совокупность основополагающих нормативных документов, предназначенных для обеспечения единства измерений с требуемой точностью; **в) совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений.**

35. Укажите способы подтверждения пригодности средства измерения к применению: **а) нанесение знака поверки;** б) нанесение знака утверждения типа; в)

выдача извещения о непригодности; г) **выдача свидетельства о поверке**; д) выдача свидетельства об утверждении типа.

36. Что включает в себя понятие «Специальная оценка условий труда»? **а) специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников**; б) специальная оценка условий труда - это система анализа и оценки профессиональных знаний и навыков работающего на конкретном рабочем месте, его соответствие занимаемой должности; в) специальная оценка условий труда - это процедура, предшествующая реструктуризации организации, в которой она проводится.

37. Какие рабочие места в организациях подлежат специальной оценке условий труда? **а) работодатель (его представитель) по своему усмотрению выбирает рабочие места, подлежащие специальной оценке**; б) **комиссия до начала выполнения работ по проведению специальной оценки условий труда утверждает перечень рабочих мест, на которых будет проводиться специальная оценка условий труда, с указанием аналогичных рабочих мест**; в) специальной оценке подлежат только те рабочие места, условия труда на которых могут быть отнесены к категории вредных или опасных;

38. К деяниям, квалифицируемым как экологические преступления и которые имеют значительную общественную и экологическую опасность, в России применяются нормы административного права: **а) нет**; б) да; в) иногда.

39. Право экологической ответственности – самостоятельная область права, не связанная с гражданским, административным и уголовным правом: **а) да**; б) в исключительных случаях; **в) нет**.

40. К нормативным правовым актам Российской Федерации по пожарной безопасности относятся: **а) технические регламенты, принятые в соответствии с Федеральным законом "О техническом регулировании", федеральные законы и иные нормативные правовые акты Российской Федерации, устанавливающие обязательные для исполнения требования пожарной безопасности**;

б) технические регламенты, принятые в соответствии с Федеральным законом "О техническом регулировании"; в) технические регламенты, принятые в соответствии с Федеральным законом "О техническом регулировании", федеральные законы

41. Пожары твердых горючих веществ и материалов классифицируются как:

а) пожары класса (А); б) пожары класса (В); в) пожары класса (С)

42. Пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением, классифицируются как:

а) пожары класса (Е); б) пожары класса (F); в) пожары класса (С)

43. В отношении пожаровзрывоопасных и пожароопасных помещений производственного и складского назначения: **а) не требуется отдельной инструкции о мерах пожарной безопасности**; б) **требуется инструкция о мерах пожарной безопасности отдельно для каждого пожаровзрывоопасного и пожароопасного помещения категории В1 производственного и складского назначения**; в) допускается наличие общей инструкции о мерах пожарной безопасности

44. Обучение лиц мерам пожарной безопасности осуществляется путем: **а) проведения противопожарного инструктажа**; б) прохождения пожарно-технического

минимума; в) проведения противопожарного инструктажа и прохождения пожарно-технического минимума

45. Лица допускаются к работе на объекте: а) только после прохождения противопожарного инструктажа; б) возможно без прохождения противопожарного инструктажа; в) данный порядок устанавливает самостоятельно руководитель организации.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИОННОГО ЭКЗАМЕНА

1. Какие документы используются в области стандартизации на территории РФ (в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании»)?

2. Что в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» представляет собой стандартизация?

3. Дайте определение метрологии.

4. Что такое измерение?

5. Как называется анализ и оценка правильности установления и соблюдения метрологических требований применительно к объекту, подвергаемому экспертизе?

6. Какова классификация методов управления качеством?

7. Каковы особенности применения организационных методов управления качеством?

8. Каковы особенности применения социально-психологических методов управления качеством?

9. Каковы особенности применения экономических методов управления качеством?

10. Каковы особенности применения организационно-технологических методов управления качеством?

11. Какова роль «человеческого фактора» в управлении качеством?

12. Какие вы знаете виды социально-психологических методов, применяемых в управлении качеством?

13. Каковы основные факторы мотивации высококачественного труда?

14. Каковы формы мотивации высококачественного труда?

15. В чем состоит концепция статистического регулирования качества?

16. Какова схема статистического регулирования качества?

17. Что определяет «индекс возможностей процесса»?

18. При каких значениях «индекса возможностей процесса» процесс подлежит статистическому регулированию?

19. В чем сущность метода контрольных карт?

20. Каков алгоритм решения проблем качества статистическими причинно-следственными методами?

21. Каковы этапы внедрения статистического контроля качества?

22. Каковы объекты системы контроля качества на разных стадиях?

23. Какие бывают виды типовых структурных подразделений службы технического контроля?

24. Назовите нормативно правовые акты Российской Федерации по пожарной безопасности.

25. Как происходит обучение лиц мерам пожарной безопасности на предприятии?

8. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

В соответствии с планом образовательных услуг, учебным планом и расписанием занятий осуществляется организация образовательного процесса. Расписание занятий формируется с учетом формы обучения, основных видов учебной деятельности, предусмотренных дополнительной профессиональной программой. Оно включает в себя аудиторные (лекционные и практические занятия) или дистанционное обучение.

8.1. Материально-технические условия реализации программы

Занятия проходят в оборудованных аудиториях, с применением современной материальнотехнической базы: ноутбук (Intel Core i3 (Core i5) 4Gb RAM 500 Gb), проектор (возможностью видеотрансляции, компьютерами), флипчарт с бумагой, доска маркерная, маркеры разных цветов. Консультационная и информационная поддержка слушателей осуществляется службой технической поддержки с помощью электронной почты.

8.2. Педагогические условия. Под педагогическими условиями понимают «совокупность объективных возможностей содержания, форм, методов и материально-пространственной среды, направленных на решение поставленных в педагогике задач».

Процесс обучения включает:

- тестовые испытания, кейсы, деловые игры;
- доступ к базе знаний Института профессионального образования: лекциям, конференциям, семинарам, электронным конспектам, учебным пособиям, статьям экспертов и дополнительной литературе

Изучение программы предполагает использование следующих методов контроля полученных слушателями знаний и умений:

- контроль посещаемости учебных занятий (личного кабинета при условии дистанционного обучения);

- текущий контроль путем краткого устного и письменного опроса, решения практических задач и анализа практических ситуаций (кейсов) по рассматриваемой на занятии проблематике, экспресс - тестирования посредством соответствующих блоков, используемых на занятиях электронных учебных пособий.

Качество освоения программ оценивается итоговыми заданиями, подготовленными для каждой дисциплины (в системе СДО). Итоговая оценка качества освоения программы проводится в форме итогового тестирования и квалификационного экзамена.

9. НОРМАТИВНО ПРАВОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ОБУЧЕНИИ

Федеральные законы

1. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании»;
2. Федеральный закон от 26.12.2008 № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля»;
3. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
4. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»;
5. Федеральный закон от 24.07.1998 № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»;

6. Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда»;
7. Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»;

Постановления Правительства РФ

8. Постановление Правительства Российской Федерации от 27.12.2010 № 1160 «Об утверждении Положения о разработке, утверждении и изменении нормативных правовых актов, содержащих государственные нормативные требования охраны труда»;
9. Постановление Правительства Российской Федерации от 15.12.2000 № 967 «Об утверждении Положения о расследовании и учете профессиональных заболеваний»;
10. Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 № 390 «О противопожарном режиме»;
11. Постановление Правительства РФ от 30.07.2004 № 401 «О Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору».

ГОСТы

12. ГОСТ ISO 9001-2011 Системы менеджмента качества. Требования
13. ГОСТ Р ИСО 14001-2007 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению
14. ГОСТ Р 54934-2012/OHSAS 18001:2007 Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования
15. ГОСТ Р ИСО 19011-2012 Руководящие указания по аудиту систем менеджмента
16. ГОСТ 12.3.002-75. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Процессы производственные. Общие требования безопасности;
17. ГОСТ Р 17.0.0.06-2000 «Охрана природы. Экологический паспорт природопользователя. Основные положения. Типовые формы»;
18. ГОСТ Р 55201-2012. Национальный стандарт Российской Федерации. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Порядок разработки перечня мероприятий по гражданской обороне, мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера при проектировании объектов капитального строительства (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 26.11.2012 N 1193-ст).

Литература

1. А.В. Шестаков Экономика и право. Энциклопедический словарь. - М.: Дашков и К, 2000.
2. Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и технические измерения / Ю. В. Димов. – СПб. : Питер, 2010.
2. Сергеев, А. Г. Метрология и метрологическое обеспечение / А. Г. Сергеев. – М. : Высш. образование, 2008
3. Шиманский, А. Ф. Метрологическая аттестация методик и количественного химического анализа / А. Ф. Шиманский, И. В. Якимов, Е. Д. Кравцова ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2012.
3. Огвоздин, В. Ю. Управление качеством. Основы теории и практики: учебное пособие / Огвоздин В. Ю.- 6-е изд., перераб. И доп. – М.:Издательство «Дело и сервис», 2009.–304 с.
4. Свиткин, М.З. Интегрированные системы менеджмента // Стандарты и качество. – 2004. – №2. 3– №4
- 5 Свиткин, М.
5. Практические аспекты создания ИСМ // ММК. – 2007. - №5.