**Изучить материал, сделать конспект**

**Основные понятия и определения теплотехники**

 ﻿

Теплотехника – наука, которая изучает методы получения, преобразования, передачи и использования теплоты, а также принципы действия и конструктивные особенности тепловых машин, аппаратов и устройств.

Теплота широко используется во всех областях хозяйственной деятельности человека и его нормального жизнеобеспечения. Разработка теоретических основ теплотехники необходима для установления наиболее рациональных способов использования тепловой энергии, анализа экономичности рабочих процессов тепловых установок и создания новых, наиболее совершенных типов тепловых.

Любому техническому специалисту - инженеру, технику, механику необходимы знания основ этой науки, поскольку в настоящее время идет процесс интенсивного и широкого внедрения сложнейших тепловых машин и установок разного назначения практически во всех сферах хозяйственной деятельности человека.

 Невозможно представить жизнь современного общества без автомобилей, самолетов, сельскохозяйственной техники, тепловых электростанций и котельных установок и т. п. Все эти сложнейшие технические устройства используют в своей работе тепловые машины различной конструкции. Можно с уверенностью сказать, что научно-технический прогресс в ближайшем будущем позволит человеку использовать тепловую энергию все более эффективно.

 Поэтому без знания теоретических основ теплотехники и термодинамики современному техническому специалисту не обойтись.

Различают два принципиально различных направления использования теплоты – энергетическое и технологическое.

 При энергетическом использовании, теплота преобразуется в механическую работу, с помощью которой в специальных установках (генераторах) создается электрическая энергия, наиболее удобная для передачи на значительное расстояние. Теплоту при этом получают сжиганием топлива в котельных установках или непосредственно в двигателях внутреннего сгорания.

 При технологическом использовании тепловой энергии она используется для направленного изменения механических, физических или химических свойств различных тел (расплавления, затвердевания, изменения структуры и т. п.).

Термодинамика - наука, изучающая энергию и законы ее превращения из одного вида в другой. Изучение основ термодинамики позволяет понимать принципы работы тепловых двигателей (паровых машин, двигателей внутреннего сгорания), тепловых насосов, холодильной техники, кондиционеров и других устройств.

Техническая термодинамика - раздел термодинамики, в котором рассматриваются взаимопревращения тепловой и механической энергии с помощью материальных тел, называемых рабочими телами. Техническая термодинамика является основой теории тепловых двигателей и других промышленных установок, связанных с взаимопревращениями указанных видов энергии.

Как отмечалось выше, преобразование теплоты в механическую работу происходит с помощью рабочего тела. Наиболее эффективным с точки зрения технической термодинамики рабочим телом является то, которое обладает выраженными упругими свойствами, позволяющими телу в значительной мере деформироваться (изменять свой объем) под влиянием механической силы (давления), термического воздействия (теплоты) или комбинированного термомеханического воздействия.

Наблюдая за агрегатным состоянием различных тел, можно заметить, что наиболее целесообразными рабочими телами для применения в различных тепловых устройствах являются газы или пары. Именно они наиболее полно могут быть использованы в процессах преобразования теплоты в механическую работу, так как газы и пары, с одной стороны, легко деформируемы (легко сжимаются, расширяются) под влиянием внешних сил, а с другой стороны, им свойственны значительные (по сравнению с другими агрегатными состояниями тел) коэффициенты объемного расширения. Газы упруги - сжатый, т. е. деформированный объем газа стремится восстановить и даже увеличить свой первоначальный объем при снятии внешней нагрузки.

Одним из основных в технической термодинамике является понятие о термодинамической системе, представляющей собой совокупность тел, находящихся во взаимодействии, как между собой, так и с окружающей средой. Простым примером термодинамической системы может служить газ, расширяющийся или сжимающийся в цилиндре с движущимся поршнем.

Материальные тела, входящие в термодинамическую систему, разделяют на источники тепла и рабочие тела, которые под воздействием источника теплоты совершают механическую работу.

Для определения конкретных физических условий, в которых находится термодинамическая система, используют ряд показателей, называемых параметрами состояния. В число основных параметров входят: абсолютная температура Т, абсолютное давление р и удельный объем v (или величина, обратная удельному объему, - плотность ρ).

Последовательность изменения состояния рабочего тела в термодинамической системе называют термодинамическим процессом. Основным признаком процесса является изменение хотя бы одного из параметров состояния.

Рассмотрим физический смысл каждого из параметров рабочего тела с точки зрения науки теплотехники.

Давление

Давление (р) в термодинамике определяется как сила, действующая по нормали на единицу площади поверхности тела.

 Давление газа - результат воздействия молекул газа на стенки сосуда, в котором он заключен. Известно, что молекулы любого газа находятся в постоянном движении, перемещаясь спонтанно в произвольном направлении. В результате хаотического движения молекул газа они систематически ударяются о стенки сосуда, оказывая на них силовое воздействие. Суммарное действие всех ударяющихся молекул определяет давление газа на стенки сосуда.

 Именно это свойство газов (оказывать давление на стенки сосуда) позволяет использовать его в качестве рабочего тела в термодинамических процессах.

Давление измеряется в Паскалях (Па). Один Паскаль равен силе величиной 1 ньютон, действующей на площадь размером 1 квадратный метр: Па = Н/м2.

В теплотехнических установках шкалы приборов для измерения давления часто градуируют в единицах системы МКГСС, в которой за единицу давления принята техническая атмосфера, (ат или at):

1 ат = 1 кг/см2 ≈ 9,814 Н/м2 ≈ 0,0981 МПа.

При этом не следует путать единицы измерения техническая атмосфера (ат) с единицей измерения физическая атмосфера (атм или atm), характеризующей нормальное (физическое) атмосферное давление p0, которое принято выражать, также, в миллиметрах ртутного столба: p0 = 760 мм рт. ст. ≈ 101325 Па ≈ 0,101325 МПа.

В соответствии с определением между этими единицами существует зависимость: 1 атм ≈ 101 325 Па ≈ 1,033233 ат.

В настоящее время международными и российскими органами стандартизации и метрологии приняты меры по исключению этих единиц измерения давления из применения.

В технической термодинамике различают абсолютное и избыточное давление.

 Под абсолютным понимают действительное давление рабочего тела внутри сосуда.

 Под избыточным давлением понимают разность между абсолютным давлением в сосуде и давлением окружающей (внешней) среды.

 Приборы, служащие для замера разности между абсолютным и избыточным давлением, называют манометрами.

 Из приведенных выше определений следует, что для случая, когда давление в сосуде превышает давление окружающей среды, рабс = ризб + рб,

где:

рабс - абсолютное давление в сосуде;

ризб - манометрическое или избыточное давление (измеренное прибором);

рб - давление окружающей среды (атмосферное или барометрическое давление).

Если абсолютное давление меньше давления окружающей среды, то разность между ними называется разряжением, или вакуумом.

 Для измерения разрежений служит вакуумметр - прибор, показывающий разность давления окружающей среды и абсолютного давления в сосуде.

 В этом случае:рабс = рб – ризб,

где: ризб – показание величины разрежения на шкале вакуумметра.

Под удельным объемом рабочего тела понимают объем, занимаемый массой в 1 кг этого тела.

 Удельный объем обозначается буквой v и измеряется в кубических метрах на килограмм (м3/кг).

Под плотностью рабочего тела понимают величину, обратную удельному объему, т.е. массу вещества, заключенную в объеме 1 м3. Плотность обозначается буквой ρ и измеряют в килограммах на кубический метр (кг/м3). Из приведенных определений следует: v = V/m; ρ = m/V,

поэтому произведение удельного объема на плотность будет равно единице vρ = 1,

здесь: V – объем рабочего тела, м3; m – масса рабочего тела, кг.

Температура

Абсолютная температура – это один из основных параметров, характеризующих тепловое состояние тела, мера степени нагретости тела. Величина этого параметра определяется средней кинетической энергией движения молекул газа.

Знак разности температур двух неодинаково нагретых тел определяет направлении передачи тепла.

Температуру измеряют либо по абсолютной (термодинамической) шкале в градусах Кельвина (К) и обозначают буквой Т, либо по Международной практической шкале в градусах Цельсия (˚С) и обозначают буквой t.

За ноль абсолютной температуры абсолютной по шкале Кельвина принята температура вещества, когда полностью отсутствует тепловое движение его молекул и атомов. По этой шкале температура может быть только положительной (либо равной нулю, хотя, доказано, что абсолютный ноль - температура недостижимая, также, как и скорость света).

Ноль температуры в международной практической шкале соответствует температуре плавления льда при нормальном давлении (760 мм рт. ст.). Эту температуру называют, также, тройной точкой воды, поскольку все три фазы воды (твердая, жидкая и газообразная) при такой температуре находятся в состоянии равновесия. Сотому делению этой шкалы соответствует температура кипения воды (100˚С) при нормальном давлении.

 Цена деления шкалы Кельвина одинакова с ценой деления шкалы Цельсия, т. е. равна 1 градусу, а соотношение между абсолютной температурой Т и практической температурой t определяется формулой: Т = t + 273,15.

Киломоль

В технической термодинамике часто используют понятие киломоль (кмоль), который характеризует количество вещества в килограммах, численно равное его молекулярной массе μ. Например, киломоль кислорода О2, имеющего молекулярную массу μ = 32, равен 32 кг, киломоль углерода C (молекулярная масса μ = 12) равен 12 кг, киломоль углекислого газа СО2 (молекулярная масса μ = 44) равен 44 кг и т. д.

 Единицей измерения киломоля является килограмм деленный на киломоль: кг/кмоль.

**Водоподготовка**

Высокая природная жёсткость воды создаёт существенные проблемы для производительности и долговечности эксплуатации котлов и котельных. Катионы магния и кальция, которые в избытке содержатся в воде, стают причиной трудноудаляемой накипи на внутренних стенках водоподготовительных установок. Поэтому использование воды повышенной чистоты – основная забота эксплуатационников систем парообразования.

Роль нерастворимых отложений в стабильности работы промышленных котлов и котельных

Вода с высокой степенью химической чистоты уменьшает использование специальных реагентов – умягчителей – которые применяются для котлов. По той же причине приходится периодически (в основном, в тёплое время года) останавливать котлы и котельные из-за необходимости продувка паро- и водопроводов. Подсчитано, что только при увеличении частоты продувки в 10 раз достигается должная эффективность систем водоподготовки, которая выражается в снижении затрат на топливо. В результате частых продувок уменьшается концентрация примесей в воде, питающей котлы, и соответственно снижается общий уровень загрязнений на поверхностях теплообмена.

Регулярная система водоподготовки для котлов и котельных приводит также к снижению скорости протекания коррозионных процессов. Хотя большинство марок котельных сталей отличает высокая теплостойкость, в случаях, когда котел используется для запуска паровой турбины, со временем происходит интенсивная эрозия лопаток турбин. Увеличивается загрязнение внутренних поверхностей теплообменников. Более низкий уровень примесей снижает скорость протекания данных процессов, а генерируемый пар обладает более высокой степенью чистоты.

Снижение частоты регенерации ионного обмена для систем водоподготовки котлов и котельных может быть решено использованием обратного осмоса. Затраты на химреактивы при этом существенно уменьшаются.

Комплексная система водоподготовки, которая включает как обратный осмос, так и ионный обмен, как правило, более экономична. Однако использование обратного осмоса требует существенного изменения операций над обработкой воды, что в целом увеличивает затраты на водоподготовку.

Силикатные и коллоидные отложения уменьшают эффективность работы котла, а также приводят к преждевременному отказу турбин. Ультратонкая фильтрация может удалить более 99% коллоидного кремнезёма, а также осажденного железа и алюминия. Снижение содержания твердых частиц, взвешенных твердых частиц и общего органического углерода также повышает эффективность работы турбин и котлов. Тем не менее, в промышленных масштабах использование обычных мембранных технологий сталкивается с серьезными проблемами загрязнения мембран.

Решение проблемы повышения эффективности для систем водоподготовки

При обеспечении оптимальной производительности качественная фильтрация водных потоков, которые питают котлы и котельные агрегаты, позволяет им соответствовать строгим требованиям эксплуатации, и достигать заданных значений коэффициента эффективности работы.

Обработка питающей воды котла необходима для предотвращения чрезмерного загрязнения технологического оборудования теплообменника и эрозии лопаток турбины. Технологические достижения в системах мембранной фильтрации создают возможность справляться со значительными потоками подаваемой воды с целью обеспечения более строгих характеристик системы водоподготовки для промышленных котлов и паровых электростанций.

Среди наиболее удачных вариантов таких систем - обработка с так называемым улучшенным вибрационным сдвигом. Она позволяет фильтровать потоки сточных вод, а также обычную воду, предназначенную для котельных, устраняя проблемы загрязнения, неизбежные при использовании обычных мембранных технологий. При водоподготовке с улучшенным вибрационным сдвигом:

уменьшается уровень граничных концентраций карбонатов.

снижаются жёсткость и цветной показатель.

уменьшается содержание кремнезёма в воде, поступающей из промышленного водопровода, а также артезианских скважин.

Сущность такой системы водоподготовки заключается в ультратонкой фильтрации (применяется также термин «нанофильтрация») задействованных мембранных модулей для обработки воды. При этом создаётся поток пермеата – воды, которая проходит сквозь мембранный слой. Этот поток уже соответствует критериям подачи воды, предназначенной для питания водогрейных котлов и котельных, относительно концентраций взвешенных и растворенных твердых веществ, кремнезема и твердости. После окончательной обработки ионообменными смолами прозрачный пермеат можно вторично использовать в качестве питающей рабочей среды, что повышает эффективность водоподготовки.

Фильтрацию обратным осмосом можно использовать, если требуется полное удаление растворенного твердого вещества. В некоторых случаях с этой целью на стадии окончательной очистки применяют специальные спиральные мембраны.

В результате реализации подобной технологии водоподготовки используются преимущественно ионообменные смолы. Такой процесс исключает требования к предварительных стадиях водоподготовки, сокращает количество применяемых химических регентов и исключает реализацию довольно трудоёмких мероприятий по удалению отработанных регенерантов.

Современные методы очистки воды в рабочих контурах котлов и котельных установок

В настоящее время для систем водоподготовки котлов и котельных используются несколько технологий. Критериями выбора служат сложность и надёжность систем химической очистки, состав добавок/осветлителей, направленность фильтрационных потоков, применение упомянутых ранее спиральных мембран.

Исследования показывают, однако, что наибольшая эффективность водоподготовки наблюдается именно при использовании технологии вибрационного сдвига. Для котлов, котельных и систем водоподготовки электростанций, а также для медицинской и пищевой промышленности, которые используют только очищенную воду, мембранные системы, использующие этот процесс, могут успешно избегать серьезных проблем, которые вызваны загрязнением мембран.

Рассмотрим технологию водоподготовки вибрационным сдвигом на примере водяного цикла электростанции. Поступающая на электростанцию вода может подаваться из скважины подземных вод (водоносного горизонта), поверхностных вод или по городским водопроводным сетям. Такая вода должна пройти обработку, чтобы соответствовать критериям нормального функционирования котла или котельной. В рамках этой обработки потребуется удалить накопившийся конденсат, а также дезактивировать и очистить сточные воды, образующиеся в скрубберах очистки дымовых газов. Для котельных это является серьёзной проблемой. При водоподготовке, в зависимости от поставленных требований может быть применён ряд процессов:

Химическая обработка/ размягчение известкового налёта на котельном агрегате.

 Двойная фильтрация.

Адсорбция углеродных частиц.

Применение обратного осмоса.

Окончательная очистка ионообменными смолами.

Конечным продуктом этих операций являются отходы, в том числе отработанный углерод и регенерирующие химикаты из ионообменных смол.

При водоподготовке с применением технологии вибрационного сдвига используются два самостоятельных процесса – обработка входной воды для котла и удаление предварительно очищенных водостоков. Обычно в системах водоподготовки для уменьшения жёсткости поступающей воды используют многоступенчатый процесс. Он включает в себя химическую обработку и/или ионный обмен. Эти многоступенчатые процессы могут быть заменены установкой для фильтрации улучшенным вибрационным сдвигом, которая может выполнять одноэтапную водоподготовку.

В этом случае все перечисленные операции объединяются. Устройство снабжено совокупностью непористых мембран, которые производят дифференцированное разделение и удаление частиц из разных материалов и с разными размерами фракций. Полученное качество воды для котельной такое же, как и при многоступенчатой фильтрации и химической обработке.

Блоки системы водоподготовки, основанные на использовании технологии вибрационного сдвига, интегрированы с обработкой воды на объекте промышленного производства.

Например, вода из городской водопроводной сети предварительно нагревается в теплообменнике (первая стадия), в результате чего образуется чистый пермеат. Затем она дополнительно нагревается теплообменником с паровым нагревом до температур 40…450С (с повышением температуры интенсифицируется поток пермеата через блок обработки, что обеспечивает привод работы первого теплообменника).

Предварительно нагретую воду перечивают в уравнительный резервуар, где для регулирования pH иногда добавляют серную кислоту. По мере необходимости возможно добавка и других химических веществ, например, квасцов или некоторых полимеров: это улучшает коагуляцию. Вода, которая выходит из уравнительного резервуара, затем поступает во второй резервуар, где отстаивается и затем подается непосредственно к котлу или в котельную. Таким образом, предварительно нагретая вода из городского водопровода перед подачей обрабатывается с помощью двух промышленных блоков.

При альтернативном варианте мембранная система водоподготовки для котельных или котлов вначале образует поток пермеата, который далее направляется в теплообменник для рекуперации тепла, а затем хранится в резервуаре для очищенной воды до окончательной очистки путём ионного обмена. Остатки воды от котельной сбрасываются в водоотстойные пруды.

Использование описанной технологии водоподготовки является экономически выгодным для обработки воды, питающей промышленные котлы или котельные. Почти 80% поступающей воды пригодно для вторичного использования в тех же целях, и только менее 20% уходит в концентрированные отходы. Выбор мембран основан на совместимости материалов, скорости потока и требованиях к концентрации (жёсткость, концентрация диоксида кремния, наличие прочих веществ).

Качество пермеата можно контролировать, используя лабораторный выбор мембранных материалов, доступных для соответствия параметрам применения.

Заключение

Система водоподготовки для котлов и котельных на основе использования процессов очистки вибрационным сдвигом обеспечивает повышение качества воды, необходимой для работы котельных установок и котлов электростанций. Качественная очистка производится всего за один этап, причём в результате не только устраняются многие проблемы существующих технологий водоподготовки, но и обеспечивается достаточно полная регенерация воды для вторичного применения по назначению.

Обоснование использования этой системы для конкретных условий использования определяется путем анализа стоимости и преимуществ системы, включая:

-Снижение жёсткости, бактериологических и химических показателей воды, которая поступает к котлам или в котельные агрегаты.

-Повышение качества воды, что положительно влияет на эффективность работы водоиспользующих агрегатов.

-Уменьшение потребностей котельных и котлов в свежей/первичной воде и затрат на её предварительную обработку.

-Обработанная вода содержит достаточное количество тепла, что можно использовать в смежных или вспомогательных процессах.

-Устранение роста бактерий и специфического запаха сточных вод.

-Сокращение объема сброса сточных вод и связанных с **ним затрат на обработку.**