



Государственное бюджетное профессиональное
ное учреждение Самарской области
«Чапаевский химико-технологический техникум»

Методические указания

по выполнению практических работ студентов

ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ

**МДК 03.01 «Наладка и испытания теплотехнического оборудования и
систем тепло- и топливоснабжения»**

для студентов очного обучения

по специальности: 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

Чапаевск 2020

Одобрена
предметной (цикловой) комиссией
механических и автотранспортных
дисциплин

Председатель ПЦК
Л.И. Карпова

Протокол № 10 от 18.05.2020 г.

Автор: Велигорская В.Л., *преподаватель* ГБПОУ «ЧХТТ»

Рецензент: Карпова Л.И., *преподаватель* ГБПОУ «ЧХТТ»

Аннотация:

Методические указания по выполнению практических работ МДК 03.01 «Наладка и испытания теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения» предназначены для закрепления и углубления теоретических знаний студентов и оценки результатов освоения программы профессионального модуля по специальности 13.02.02 «Теплоснабжение и теплотехническое оборудование»

Пояснительная записка

Методические указания по выполнению практических работ профессионального модуля МДК 03.01 «Наладка и испытания теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения» разработаны на основе федерального государственного образовательного стандарта по специальности среднего профессионального образования 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование.

Практические работы работ профессионального модуля МДК 03.01 «Наладка и испытания теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения» проводятся параллельно с изучением теоретического материала. Рабочей программой предусмотрено 136 часов практических занятий, по 2 часа каждая.

Каждая работа содержит: номер и название работы, её цель, основные теоретические сведения, используемое оборудование, пояснения к работе, задания, оформление отчета.

Цели и задачи практических занятий

Основная задача практических занятий – закрепление и углубление теоретических знаний студентов.

Основная цель практических работ:

1. Проверить уровень понимания вопросов, пройденных на уроках теоретического обучения;

2. Проверить расчетные навыки, необходимые для работы на производстве.

В процессе выполнения работы студент должен:

а) Стремиться к самостоятельности в решении всех вопросов;

б) Показать способность правильного применения теоретических положений и практических методов расчета;

в) Организовать свою работу так, чтобы с наименьшей затратой времени и труда найти наилучшее техническое решение.

Критерии оценки выполнения практической работы

• Вы правильно выполнили все (100%) задания. Работа оформлена чисто, без исправлений - 5(отлично).

• Вы смогли выполнить (80 %) . Работа оформлена аккуратно - 4 (хорошо).

• Вы смогли выполнить (70 %) . Работа оформлена аккуратно - 3 (удовлетворительно).

• Половина заданий не выполнено (50%) или у Вас вызвала затруднения - 2 (неудовлетворительно).

Практическое занятие № 1

Тема: «Характеристика трубопроводов и оборудование тепловых сетей».

Цель работы: Изучить трубопроводы и оборудование тепловых сетей

Порядок выполнения работы:

1. Дайте определение тепловые сети.
2. Опишите направление и предупреждение от коррозии теплопроводов .
3. Опишите, как прокладываются надземные и подземные типы теплопроводов.
4. Перечислите основные требования к теплоизоляционным конструкциям.
5. Перечислите основные требования к трубам, применяемым для теплопроводов.
6. Назовите, из какого конструкционного материала изготавливаются трубы?
7. Дайте описание опорам, применяемых при проведение теплопроводов.

Общие сведения

Тепловая сеть — это система прочно и плотно соединенных между собой участков теплопроводов, по которым теплота с помощью теплоносителя (пара или горячей воды) транспортируется от источников к тепловым потребителям.

Направление теплопроводов (трасса) выбирается по тепловой карте района с учетом:

- материалов геодезической съемки,
- плана существующих и намечаемых надземных и подземных сооружений,
- данных о характеристике грунтов, высоте стояния грунтовых вод и т.п.

Следует стремиться:

- к прокладке магистральной трассы в районе наиболее плотной тепловой нагрузки,
- к наименьшей длине теплопроводов,
- минимальному объему работ по сооружению сети.

Для предупреждения коррозии не рекомендуется:

- прокладывать подземные тепловые сети в одном проезде параллельно с трамвайными путями;
- прокладывать сети на территориях бывших свалок, участков, подвергающихся затоплению загрязненными жидкостями, в заболоченных местах.

Вопрос о выборе типа теплопровода (**надземный или подземный**) решается с учетом местных условий и технико-экономических обоснований.

Надземная прокладка обычно применяется:

1. При высоком уровне грунтовых и внешних вод, большой густоте существующих подземных сооружений на трассе проектируемого теплопровода, сильно пересеченной оврагами местности и пересечении многоколейных железнодорожных путей предпочтение отдается надземным теплопроводам.
2. На территориях промышленных предприятий при совместной прокладке энергетических и технологических трубопроводов на общих эстакадах или высоких опорах.

В жилых районах из архитектурных соображений обычно применяется подземная прокладка тепловых сетей.

Надземные теплопроводы долговечнее и более ремонтнопригодны по сравнению с подземными. Поэтому желательно изыскивать возможность хотя бы частичного применения в городах надземных теплопроводов на низких отдельно стоящих опорах, в первую очередь на окраинах городов, в промышленных зонах, в районах, не подлежащих застройке, и др.

В особо тяжелых грунтовых условиях (вечномерзлые грунты, просаживающиеся и заболоченные участки) должны применяться надземные теплопроводы.

При выборе трассы теплопровода следует руководствоваться условиями надежности теплоснабжения, безопасности работы обслуживающего персонала и населения, возможностью быстрой ликвидации неполадок и аварий.

По условиям безопасности работы тепловых сетей и надежности теплоснабжения не допускается прокладка в общих каналах теплопроводов совместно с кислородопроводами, газопроводами, трубопроводами сжатого воздуха давлением выше 1,6 МПа, трубопроводами легковоспламеняющихся и ядовитых жидкостей и газов, трубопроводами фекальной и ливневой канализации.

При проектировании подземных теплопроводов по условиям снижения начальных затрат следует выбирать минимальное количество камер, сооружая их только в пунктах установки арматуры и приборов, нуждающихся в обслуживании. Количество требующихся камер сокращается при применении сильфонных или линзовых компенсаторов, а также осевых компенсаторов с большим ходом (сдвоенных компенсаторов), естественной компенсации температурных деформаций.

Согласно СНиП 41-02-2003 заглубление тепловых сетей от поверхности земли или дорожного покрытия должно быть:

- до верха перекрытия каналов и туннелей 0,5 м,
- до верха перекрытия камер 0,3 м,
- до верха оболочки бесканальной прокладки 0,7 м.

На непроезжей части допускаются выступающие на поверхность земли перекрытия камер и вентиляционных шахт на высоту 0,4 м.

Для обеспечения опорожнения (дренажа) теплопроводов их прокладывают с уклоном к горизонту.

Минимальный уклон водяных сетей принимается равным 0,002. Направление уклона безразлично.

В паровых сетях минимальный уклон принимается равным 0,002 при направлении уклона по ходу пара и 0,01 против хода пара.

Для защиты паропровода от попадания конденсата из конденсатопровода в период остановки паропровода или падения давления пара после конденсатоотводчиков должны устанавливаться обратные клапаны или затворы.

Выбранное направление трассы тепловых сетей с учетом норм приближения к сооружениям и смежным коммуникациям наносится на план геодезической съемки с привязкой оси трассы к существующим зданиям или другим сооружениям.

По трассе тепловых сетей строится продольный профиль, на который наносят планировочные (красные) и существующие (черные) отметки земли, уровень стояния грунтовых вод, существующие и проектируемые подземные коммуникации и другие сооружения, пересекаемые теплопроводом, с указанием вертикальных отметок этих сооружений.

Водяные тепловые сети, по которым транспортируется вода с температурой выше 115 °С, монтируются, испытываются и эксплуатируются в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» ПБ 10-573.

Для трубопроводов тепловых сетей следует предусматривать стальные электросварные трубы или бесшовные стальные трубы.

Трубы из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) допускается применять для тепловых сетей при температуре воды до 150°С и давлении до 1,6 МПа включительно.

Для трубопроводов тепловых сетей при рабочем давлении пара 0,07 МПа и ниже и температуре воды 115°С и ниже при давлении до 1,6 МПа включительно допускается применять неметаллические трубы, если качество и характеристики этих труб удовлетворяют санитарным требованиям и соответствуют параметрам теплоносителей в тепловых сетях.

Теплоизоляционные материалы и конструкции.

Важное значение в устройстве теплопровода имеет тепловая изоляция. От качества изоляционной конструкции теплопровода зависят не только тепловые потери, но и его долговечность. При соответствующем качестве материалов и технологии изготовления

тепловая изоляция может одновременно выполнять роль антикоррозийной защиты наружной поверхности стального трубопровода. К таким материалам, относятся полиуретан и производные на его основе – полимербетон и бион.

Основные требования к теплоизоляционным конструкциям заключается в следующем:

- низкая теплопроводность как в сухом состоянии так и в состоянии естественной влажности;
- малое водопоглощение и небольшая высота капиллярного подъема жидкой влаги;
- малая коррозионная активность;
- высокое электрическое сопротивление;
- щелочная реакция среды ($pH > 8,5$);
- достаточная механическая прочность.

Основными требованиями для теплоизоляционных материалов паропроводов электростанций и котельных являются низкая теплопроводность и высокая температуростойкость. Такие материалы обычно характеризуются большим содержанием воздушных пор и малой объемной плотностью.

Последнее качество этих материалов предопределяет их **повышенные гигроскопичность и водопоглощение.**

Одно из **основных требований** к теплоизоляционным материалам для подземных теплопроводов заключается в малом водопоглощении. Поэтому высокоэффективные теплоизоляционные материалы с большим содержанием воздушных пор, легко впитывающие влагу из окружающего грунта, как правило, непригодны для подземных теплопроводов.

Выбор теплоизоляционной конструкции и ее размеров зависит от типа теплопровода и располагаемых исходных материалов и выполняется на основе технико-экономических расчетов. При современных масштабах теплофикации и централизованного теплоснабжения проблема тепловой изоляции тепловых сетей имеет большое народнохозяйственное значение.

При сооружении теплопроводов в каналах в качестве тепловой изоляции часто применяются изделия из минеральной ваты, защищенный битуминировкой от увлажнения. На наружную поверхность стальной трубы накладывается антикоррозийное покрытие (эмаль, изол и др.). На антикоррозийное покрытие укладываются скорлупы из минеральной ваты, армированные стальной сеткой. Сверху скорлуп укладываются полуцилиндрические асбоцементные футляры, закрепляемые на теплопроводе стальной сеткой, покрываемой сверху асбоцементной штукатуркой.

Трубы и их соединения.

Техника транспорта теплоты предъявляет следующие **основные требования к трубам, применяемым для теплопроводов:**

- достаточная механическая прочность;
- эластичность и стойкость против термических напряжений при переменном тепловом режиме;
- постоянство механических свойств;
- стойкость против внешней и внутренней коррозии;
- малая шероховатость внутренних поверхностей;
- отсутствие эрозии внутренних поверхностей;
- малый коэффициент температурных деформаций;
- высокие теплоизолирующие свойства стенок трубы;
- простота, надежность и герметичность соединения отдельных элементов;
- простота хранения, транспортировки и монтажа.

Все известные до настоящего времени типы труб одновременно не удовлетворяют всем перечисленным требованиям. В частности, этим требованиям не вполне удовлетворят стальные трубы, применяемые для транспорта пара и горячей воды. Однако высокие

механические свойства и эластичность стальных труб, а также простота, надежность и герметичность соединений (сварка) обеспечили практически стопроцентное применение этих труб в системах централизованного теплоснабжения.

В настоящее время для сооружения тепловых сетей применяются, как правило, стальные трубы, изготовленные из спокойной стали. Для подбора сортамента стальных труб и арматуры для тепловых сетей пользуются шкалой давлений по ГОСТ 356-80. В основу построения шкалы давлений положено деление всех трубопроводов на восемь групп в зависимости от температуры транспортируемой среды. Шкала разработана таким образом, что одна и та же труба может применяться для транспорта теплоносителя с любой температурой от 00 С до установленной для трубы из данной марки стали предельной температуры $t_{пр} \leq 445$ О С, но при различных давлениях.

Основные типы стальных труб, применяемых для тепловых сетей:

- диаметром до 400 мм включительно – бесшовные, горячекатаные;
- диаметром выше 400 мм – электросварные с продольным швом и электросварные со спиральным швом.

Трубы для тепловых сетей изготавливаются главным образом из стали следующих марок: Ст2сп, Ст3сп, стали 10, 20, 10Г2, 15ГС, 16ГС, 17ГС.

Электросварные трубы изготавливаются как прямошовные, так и со спиральным швом с различной толщиной стенки. Сортамент труб выбирается с учетом условного давления, максимальной температуры теплоносителя, диаметра трубопровода и марки стали, из которой он изготовлен. Стальные водогазопроводные трубы с резьбой, как правило, не рекомендуется применять для тепловых сетей из-за повышенного расхода материала в связи с большой толщиной стенки, вызванной наличием резьбы. Трубопроводы тепловых сетей соединяются между собой при помощи электрической или газовой сварки.

Схема трубопроводов, размещение опор и компенсирующих устройств должны быть выбраны таким образом, чтобы суммарное напряжение от всех одновременно действующих нагрузок ни в одном сечении трубопровода не превосходило допускаемого. Наиболее слабым местом стальных трубопроводов, по которому следует вести проверку напряжений, являются сварные швы. Коэффициент прочности сварных швов φ , представляющий собой отношение допускаемого напряжения для шва к допускаемому напряжению для целой стенки.

Опоры.

Опоры являются ответственными деталями теплопровода. Они воспринимают усилия от трубопроводов и передают их на несущие конструкции или грунт. При сооружении теплопроводов применяют опоры двух типов: свободные и неподвижные. Свободные опоры воспринимают вес трубопровода и обеспечивают его свободное перемещение при температурных деформациях. Неподвижные опоры фиксируют положение трубопровода в определенных точках и воспринимают усилия, возникающие в местах фиксации под действием температурных деформаций и внутреннего давления.

При бесканальной прокладке обычно отказываются от установки свободных опор под трубопроводами во избежание неравномерных посадок и дополнительных изгибающих напряжений. В этих теплопроводах трубы укладываются на нетронутый грунт или тщательно утрамбованный слой песка. При расчете изгибающих напряжений и деформаций трубопровод, лежащий на свободных опорах, рассматривается как многопролетная балка. По принципу работы свободные опоры делятся на скользящие, роликовые, катковые и подвесные. Для того чтобы ролик вращался, необходимо, чтобы момент сил, создаваемый трубопроводом на поверхности ролика, относительно оси вращения превышал сумму моментов сил трения на поверхности ролика и на поверхностях цапф той же оси. При выборе типа опор следует не только руководствоваться значением расчетных усилий, но и учитывать работу опор в условиях эксплуатации. С увеличением диаметров трубопроводов резко возрастают силы трения на опорах.

В некоторых случаях, когда по условиям размещения трубопроводов относительно несущих конструкций скользящие и катящиеся опоры не могут быть установлены, применяются подвесные опоры. **Недостатком простых подвесных опор** является деформация труб вследствие различной амплитуды подвесок, находящихся на различном расстоянии от неподвижной опоры, из-за разных углов поворота. По мере удаления от неподвижной опоры возрастают температурная деформация трубопровода и угол поворота подвесок.

Для уменьшения перекосов трубопровода желательно длину подвески выбирать возможно большей. При недопустимости перекосов трубы и невозможности применения скользящих опор следует применять пружинные подвесные опоры или опоры с противовесом. Из всех усилий действующих на неподвижную опору, наиболее значительным является неуравновешенная сила внутреннего давления. Для облегчения конструкции неподвижной опоры необходимо стремиться к уравниванию осевой силы внутреннего давления внутри трубопровода.

В целях унификации расчетов и стандартизации конструкций неподвижных опор принято делить их условно на две группы: неразгруженные и разгруженные. К первой группе относятся опоры, воспринимающие осевую реакцию внутреннего давления. Ко второй группе относятся опоры, на которые осевая реакция внутреннего давления не передается. Заводы-изготовители на каждую партию изготовленных труб выдают так называемый сертификат качества, где указывают основные сведения о материалах, результаты механических и технологических испытаний и дефектоскопии сварного шва труб и другие сведения по форме и в объеме, установленных Госгортехнадзором России. Применяемые металлические трубы и фасонные детали должны иметь толщину стенок не менее принятой по номенклатурному типу согласно таблице. Окончательный выбор марки стали и толщины стенки трубы определяются расчетами при проектировании, а подбор — по ГОСТ и по нормативно-технической документации (НТД) на трубы.

Сводами правил СП 41-102-98 и СП 40-103-98 разрешено в дворовых разводках тепловых сетей применять металлополимерные трубы, изготовленные по техническим условиям (ТУ).

Сортамент труб, применяемых квартальных тепловых сетях, тепловых пунктах и местных системах теплоснабжения, приведен в таблице.

Размеры стальных водопроводных труб (ГОСТ 3262-75*)

Диаметр труб, мм		Вид труб			
условный D_y	наружный D_n	обыкновенные		усиленные	
		Толщина стенки, мм	Масса 1 м трубы, кг	Толщина стенки, мм	Масса 1 м трубы, кг
15	21,3	2,8	1,25	3,2	1,44
20	26,8	2,8	1,63	3,2	1,9
25	33,5	3,2	2,42	4	2,9
32	42,3	3,2	3,13	4	3,8
40	48	3,5	3,84	4	4,3
50	60	3,5	4,88	4,5	6,2
70	75,5	3,75	6,64	4,5	7,9
80	88,5	4	8,34	4,5	9,3
100	114	4,5	12,2	5	13,4
125	140	4,5	15,1	5,5	18,2
150	165	4,5	17,81	5,5	21,63

Контрольные вопросы:

1. Почему трубопроводы необходимо проводить над землей?
2. Из какого конструкционного материала лучше всего изготавливать трубы?
3. Какие диаметры труб можно прокладывать?
4. Какие изоляционные материалы применяются в теплотрубе?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калюттик, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.
8. Эксплуатация, наладка - Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация. – М.: Издательский центр «Академия», 2009.
9. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, наладка и испытание теплотехнического оборудования промышленных предприятий. Учебник для техникумов, 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: Энергоатомиздат., Санкт-Петербургское отделение, 1991г

Практическое занятие № 2.

Тема: Характеристика основных видов насосов в системе теплоснабжения

Цель работы: Изучить основные виды насосов в системе теплоснабжения.

Порядок выполнения работы:

1. Дайте определение тепловому насосу.
2. Перечислите насосы, применяемые в системе теплоснабжения.
3. Зарисовать схему насоса и описать его конструкцию.

Общие сведения.

Тепловой насос – серьезный альтернативой традиционной отопительной системе, поскольку он не производит тепло, а лишь собирает его. При постоянно растущих тарифах на тепло и электричество он может стать неплохой альтернативой традиционным системам отопления.

В системах теплоснабжения применяются следующие насосы:

ЦНШ - центробежные горизонтальные для перекачки воды с температурой до 105° С; 2,5 ЦВ- центробежные вихревые горизонтальные двухступенчатые, предназначены для перекачки воды с температурой до 105° С;

ВС - центробежные вихревые горизонтальные одноступенчатые консольные самовсасывающие, предназначены для перекачки воды с температурой до 90° С. Для обеспечения самовсасывающей способности на один из фланцев насоса устанавливается чугунный воздушный колпак;

К, КМ, ЕКМ - центробежные горизонтальные консольные одноступенчатые, предназначены для перекачки жидкостей с температурой до 105° С. (К - консольный, КМ - консольный моноблочный);

ПНП и ПДВ - вертикальные паровые поршневые прямодействующие двухцилиндровые, предназначены для питания паровых котлов высокого давления водой с температурой до 100° С;

ПИП 60/20 - горизонтальные паровые поршневые, предназначены для перекачки воды с температурой до 100° С;

ХД - центробежные консольные одноступенчатые, предназначены для перекачки растворов кислот и щелочей, устанавливаются в системах водохимочисток;

КС - конденсатные спиральные двухступенчатые (КС-30 и КС-50- шестиступенчатые), предназначены для перекачки конденсата с температурой до 120° С (КС-30 и КС-50 - до 150° С) в котлы высокого давления;

МСГ - центробежные многоступенчатые питательные, предназначены для перекачки питательной воды с температурой до 106° С;

ЦНИИПС - центробежные диагональные одноступенчатые, предназначены для создания циркуляции воды в небольших системах водяного отопления;

Д - относятся к типу горизонтальных насосов двустороннего хода и с высотой всасывания от 3 до 5,5 м, для перекачки воды и аналогичных жидкостей по химической активности и температурой до 85°С;

СЭ - сетевые электронасосы представляют собой модификацию одноступенчатых горизонтальных насосов, с колесом двустороннего входа и служат для перекачки воды с температурой до 180°С, с концентрацией твердых (размером до 0,2 мм) включений до 5 мг/л.

Монтаж насосов осуществляют на бетонные основания. С этой целью готовят опалубку из [доски](#), с последующей заливкой бетоном.

Конструкция и принцип работы насоса

По конструкции циркуляционная помпа напоминает дренажную установку. Насос состоит из прочного корпуса, выполненного из нержавеющей стали/чугуна/алюминия и электрической части, которая включает обмотку статора со встроенным

керамическим/стальным ротором. На валу вращающейся части электродвигателя неподвижно зафиксирована крыльчатка. Рабочее колесо представляет собой два параллельных диска, соединённых радиально выгнутыми лопастями. На одном из них расположено отверстие для течения жидкости-теплоносителя, на другом – небольшое отверстие для фиксации крыльчатки на валу электрического двигателя. Корпусные части циркуляционных помп изготавливают из стали и прочных сплавов. Под стенками корпуса скрыт ротор с закреплённой крыльчаткой. Сам электродвигатель оснащён специальной платой управления и клеммами для подключения проводов. У циркуляционных помп без электроники вместо платы установлен конденсатор, а на клеммной коробке расположен переключатель скоростей. При подаче электроэнергии колесо с лопастями вращается, создавая вакуум в патрубке и нагнетая теплоноситель. Ротор создаёт движение рабочей жидкости в направлении от входного до выпускного клапана. Насос постоянно забирает воду с одной стороны и выталкивает в отопительную систему с другой. Центробежная сила способствует транспортировке жидкости по всей магистрали. Создаваемый напор преодолевает сопротивление на разных участках контура и обеспечивает циркуляцию теплоносителя.



Рис. 1 Циркуляционная помпа (насос)

Корпусные части циркуляционных помп изготавливают из стали и прочных сплавов. Под стенками корпуса скрыт ротор с закреплённой крыльчаткой

Контрольные вопросы:

1. Как работают циркуляционные насосы «мокрого и сухого» типа?
2. Какое КПД у циркуляционных помп?
3. Какими преимуществами обладает циркуляционная помпа?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.
8. Эксплуатация, наладка - Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация. – М.: Издательский центр «Академия», 2009.
9. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, наладка и испытание теплотехнического оборудования промышленных предприятий. Учебник для техникумов, 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: Энергоатомиздат., Санкт-Петербургское отделение, 1991г

Практическое занятие № 3.

Тема: Характеристика основных видов грязевиков в системе теплоснабжения

Цель работы: Изучить основные виды грязевиков в системе теплоснабжения.

Порядок выполнения работы:

1. Дайте характеристику грязевикам.
2. Опишите преимущества системы фильтрующими устройствами.
3. Зарисуйте и опишите устройство грязевика - фильтра.
4. Зарисуйте и опишите устройство латунного «косого» фильтра-грязевика.
5. Зарисуйте таблицу установки фильтра.
6. Опишите монтаж фильтра.

Общие сведения.

Любая система отопления, неважно, центральная или полностью автономная – это достаточно сложный «организм», включающий немало элементов, каждый из которых выполняет то или иное предназначение. И в этом перечне комплектующих обязательно должно найтись место и для **устройств фильтрации и очистки теплоносителя**. Эту функцию принимают на себя **грязевики**. Переносчиком тепловой энергии от котла или централи к радиаторам является жидкий теплоноситель. Чаще всего в этой роли выступает вода, чистая или с какими-либо химическими присадками. **Вода** – это всегда весьма активный окислитель, вызывающий коррозию металлических деталей тепловых трасс, внутримановых разводок, радиаторов, запорно – регулирующей арматуры. Образовавшиеся частички ржавчины со временем отслаиваются от стенок и подхватываются потоком. Однако, если в трубе, на кране, в радиаторе, на соединительном сварном или резьбовом стыке, в тройнике или на повороте создаются определенные условия (заужение прохода, неровность, наплыв от сварочного шва, изменение направления потока и т.п.), то это место с большой долей вероятности становится уязвимым для образования пробки – мелкие частицы окалины оседают, скапливаются, наслаиваются, суживая, а иногда и полностью перекрывая проход теплоносителю.

Оснащение системы такими фильтрующими устройствами сразу дает ряд преимуществ:

- ✓ Самые сложные и дорогостоящие узлы системы – насос и котел, получают надежную защиту от загрязнения, зарастания каналов и порчи. Следовательно, значительно возрастает их эксплуатационный ресурс.
- ✓ Исчезает необходимость частого слива теплоносителя для замены новым, чистым – он и так будет поддерживаться в удовлетворительном для использования состоянии. Учитывая то, что некоторые теплоносители стоят весьма немало – это еще одна статья существенной экономии.
- ✓ Использование фильтров и качественного, правильно подобранного теплоносителя надолго освободят хозяев от процедуры очистки и промывки все системы отопления.
- ✓ Чистые от грязи и твердых наслоений радиаторы отопления дают максимальную теплоотдачу, а свободные каналы труб, фитингов, соединительных узлов и регулировочной арматуры – минимальное гидравлическое сопротивление теплоносителя. И то и другое позволяет котлу и насосу работать оптимально с минимальным потреблением соответствующих энергоносителей. Причем,

подсчитано, что в целом эффект экономии эксплуатации «чистой» системы, по сравнению с имеющей грязевые наслоения, может достигать даже 40%.

Устройство грязевика - фильтра.

Вертикально расположенный цилиндрический корпус (поз. 1), в который вварена две патрубка с фланцевыми соединениями: входной (поз. 2) и выпускной (поз. 3). Снизу корпус закрыт фланцевой заглушкой (поз. 4), верх – заварен наглухо. В донной заглушке

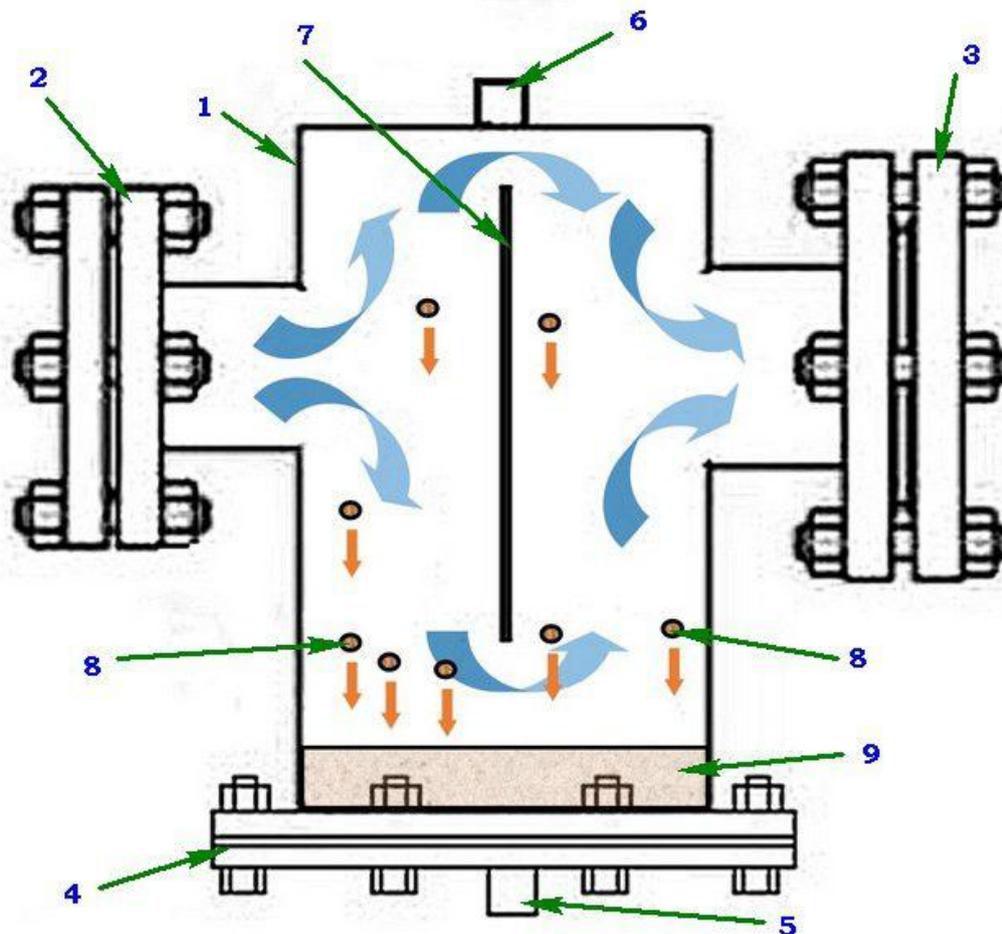


Рис. 1. Схема действия фильтра-отстойника с предусмотренным конструкцией изменением направления потоков теплоносителя

обычно имеется патрубок (поз. 5) для монтажа к нему крана для проведения профилактических работ – слива шлама и промывки фильтра. Сверху также имеется патрубок (поз. 6) – здесь устанавливают кран для выпуска воздуха при заполнении системы теплоносителем. В полости центрального цилиндра может стоять одна или несколько перегородок (поз. 7) которые резко изменяют направление потока проходящей через фильтр воды (показан синими стрелками). Твердые включения (поз. 8) оседают вниз, где образуется слой шлама (поз. 9), регулярно очищаемый при проведении профилактики. Подобные фильтры, как правило, устанавливаются на крупных трубопроводах, например, на промышленных предприятиях. В условиях системы отопления дома их применение не слишком рационально. Однако принцип гравитационной очистки воды успешно используется в других моделях фильтров.

Латунные сетчатые «косые» фильтры Это самая распространённая категория фильтров-грязевиков, используемых в локальных системах отопления дома. Они имеют муфтовое резьбовое соединение в достаточно широком размерном ряду – от ½ до 2

дюймов, чего бывает вполне достаточно для монтажа на любом трубопроводе автономного отопления. **Конструкция фильтра – достаточно проста:** Устройство латунного «косого» фильтра-грязевика Литой латунный корпус (поз. 1) представляет собой монолитное сопряжение двух цилиндров, прямого и наклонного (поз. 3). С обеих сторон прямого цилиндра имеются резьбовые муфты для монтажа фильтра (поз. 2). «Косой» цилиндр заканчивается латунной пробкой (поз. 4) с шестигранником под ключ. Между пробкой и корпусом размещена уплотнительная прокладка, обычно – тефлоновая (поз. 5). В самой наклонной части размещен фильтрующий элемент – сетка из нержавеющей стали (поз. 6) с ячейками определенного размера. На корпусе обязательно указывается стрелкой правильное направление потока фильтрующей жидкости. Скошенная часть всегда смотрит вперед по направлению потока.

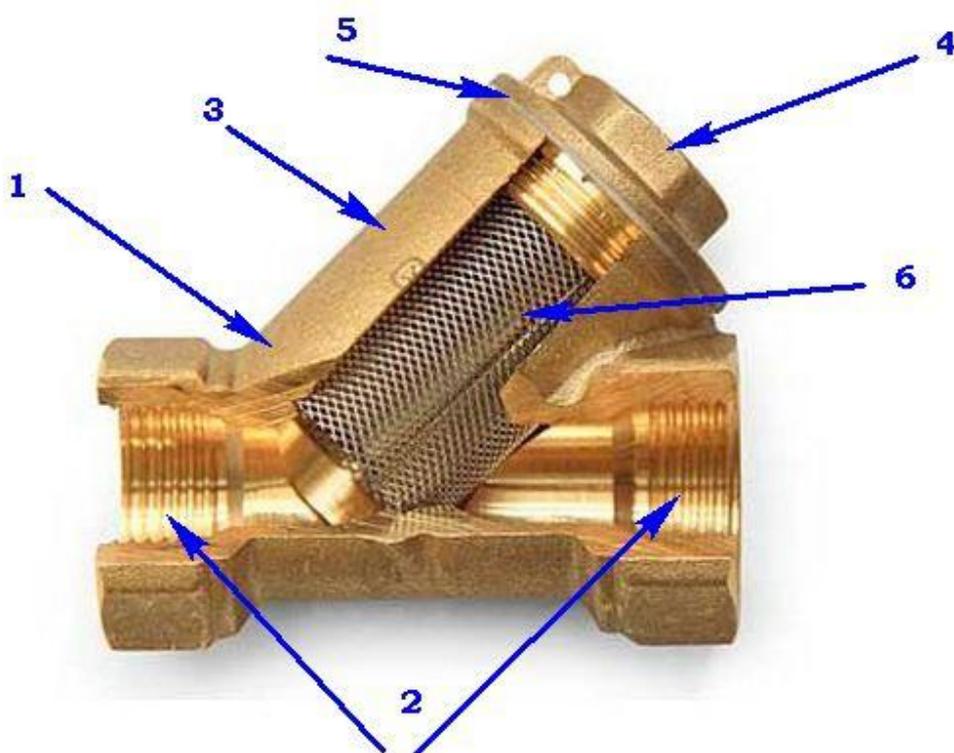


Рис. 2 Устройство латунного «косого» фильтра-грязевика

Монтаж таких фильтров не составляет особого труда для тех, кто знаком с азами сантехнических приемов. Обычно перед фильтром устанавливается отсечной кран – он позволяет перекрыть подачу теплоносителя для проведения профилактических работ по очистке устройства от скопившейся грязи. Но основное, что важно учитывать – это правильную ориентацию фильтра в пространстве:

Правильная установка



Правильная установка на горизонтальном участке.

Неправильная установка



Довольно часто горе-«мастера» монтируют фильтр пробкой вверх –

Скошенный
цилиндр
располагается
внизу.

видимо, из тех
соображений, что
так легче добраться
к ней при
обслуживании.

Однако, такое
размещение
приводит к очень
быстрому
зарастанию грязью
прохода в
фильтрующую
камеру, снижению
пропускной
способности
устройства

Подобное
расположение на
вертикальном
участке с током
теплоносителя вверх
не позволяет
отфильтрованному
шламу
концентрироваться в
камере очистки для
проведения
профилактики.
Очистительные
возможности
устройства резко
снижаются, а грязь
может собираться на
стенках труб или на
запорной арматуре.



Правильная
установка на
вертикальном
участке. Ток
теплоносителя
организован сверху
вниз.



Монтаж фильтра, производят на трубе обратки перед циркуляционным насосом или котлом, если насос конструктивно является частью котла. Таким образом, из теплоносителя, описавшего полный цикл циркуляции, удаляются все возможные загрязнения, собранные по контуру отопления. Регулярная прочистка «косого» фильтра особой сложности не представляет. Необходимо просто перекрыть краны подачи теплоносителя с обеих сторон (если за фильтром по ходу течения жидкости установлен обратный клапан, то перекрывать можно только со стороны входа). Затем снизу поставляется емкость для сбора вытекающей жидкости и скопившегося шлама. Гаечным ключом выкручивается пробка, вынимается сетка. Сетку следует очистить полимерной щеткой, а затем тщательно промыть сильным напором воды. Проверяется сам стакан «косого» цилиндра – там тоже не должно оставаться отложений. Затем производится

обратная сборка с затяжкой пробки. Заодно можно оценить состояние уплотнительной прокладки, так как со временем она может потребовать замены.

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходимо вставлять фильтр в систему отопления?
2. Что произойдет, если нет фильтра в системе отопления?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.
8. Эксплуатация, наладка - Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация. – М.: Издательский центр «Академия», 2009.
9. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, наладка и испытание теплотехнического оборудования промышленных предприятий. Учебник для техникумов, 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: Энергоатомиздат., Санкт-Петербургское отделение, 1991г

Практическое занятие № 4.

Тема: Характеристика основных видов элеваторов в системе отопления.

Цель работы: Изучить основные виды элеваторов в системе отопления.

Порядок выполнения работы:

1. Дайте описание элеватору отопления.
2. Опишите работу элеватора.
3. Зарисуйте рис.1 и опишите его устройство.
4. Перечислите основные неисправности элеваторного узла.

Общие сведения:

При централизованном теплоснабжении горячая вода, прежде чем попасть в радиаторы отопления многоквартирных домов, проходит через тепловой пункт. Там она доводится до необходимой температуры с помощью специального оборудования. С этой целью в подавляющем большинстве домовых тепловых пунктов, построенных во времена СССР, установлен такой элемент, как элеватор отопления.

Назначение элеватора в системе отопления

Теплоноситель, выходящий из котельной или ТЭЦ, имеет высокую температуру – от 105 до 150 °С. Естественно, что подавать в систему отопления воду с такой температурой недопустимо.



Нормативными документами эта температура ограничена пределом 95 °С:

- в целях безопасности: можно получить ожоги от прикосновения к батареям;
- не всякие радиаторы могут функционировать при высоких температурных режимах, не говоря уже о полимерных трубах.

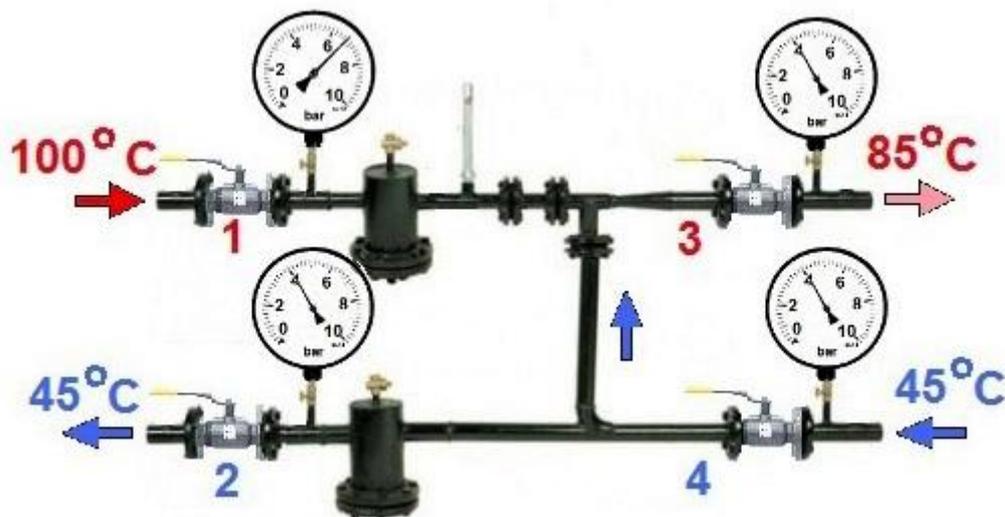
Снизить температуру сетевой воды до нормируемого уровня позволяет работа элеватора отопления. Вы спросите – а почему нельзя сразу направить в дома воду с требуемыми параметрами? Ответ лежит в плоскости экономической целесообразности, подача перегретого теплоносителя позволяет передать с одним и тем же объемом воды гораздо большее количество тепла. Если температуру снизить, то придется увеличить расход теплоносителя, а следом существенно вырастут диаметры трубопроводов тепловых сетей.



Итак, работа элеваторного узла, установленного в тепловом пункте, состоит в снижении температуры воды путем подмешивания в подающий трубопровод остывший теплоноситель из обратки. Следует отметить, что данный элемент считается устаревшим, хотя до сих пор повсеместно используется. Сейчас при устройстве тепловых пунктов применяются смешивающие узлы с трехходовыми клапанами либо пластинчатые теплообменники.

Как функционирует элеватор?

Если говорить простыми словами, то элеватор в системе отопления – это водяной насос, не требующий подведения энергии извне. Благодаря этому, да еще простой конструкции и низкой стоимости, элемент нашел свое место практически во всех тепловых пунктах, что строились в советское время. Но для его надежной работы нужны определенные условия, о чем будет сказано ниже.



Чтобы понять устройство элеватора системы отопления, следует изучить схему, представленную выше на рисунке. Агрегат чем-то напоминает обычный тройник и устанавливается на подающем трубопроводе, своим боковым отводом он присоединяется к обратной магистрали. Только через простой тройник вода из сети проходила бы сразу в

обратный трубопровод и прямо в систему отопления без снижения температуры, что недопустимо.

Стандартный элеватор состоит из подающей трубы (предкамеры) со встроенным соплом расчетного диаметра и смесительной камеры, куда подводится остывший теплоноситель из обратки. На выходе из узла патрубок расширяется, образуя диффузор. Агрегат действует следующим образом:

- теплоноситель из сети с высокой температурой направляется в сопло;
- при прохождении через отверстие малого диаметра скорость потока возрастает, из-за чего за соплом возникает зона разрежения;
- разрежение вызывает подсосывание воды из обратного трубопровода;
- потоки смешиваются в камере и выходят в систему отопления через диффузор.

Как происходит описанный процесс, наглядно показывает схема элеваторного узла, где все потоки обозначены разными цветами:



Непременное условие устойчивой работы узла заключается в том, чтобы величина перепада давления между подающей и обратной магистралью сети теплоснабжения было больше, чем гидравлическое сопротивление отопительной системы.

Наряду с явными преимуществами данный смесительный узел обладает одним существенным недостатком. Дело в том, что принцип работы элеватора отопления не позволяет регулировать температуру смеси на выходе. Ведь что для этого нужно?

Изменять при необходимости количество перегретого теплоносителя из сети и подсосываемой воды из обратки. Например, чтобы температуру снизить, надо уменьшить расход на подаче и увеличить поступление теплоносителя через перемычку. Этого можно добиться только уменьшением диаметра сопла, что невозможно.



Проблему качественного регулирования помогают решить элеваторы с электроприводом. В них посредством механического привода, вращаемого электродвигателем, увеличивается или уменьшается диаметр сопла. Это реализовано за счет дроссельной иглы конусной формы, входящей в сопло изнутри на определенное расстояние. Ниже изображена **схема элеватора отопления** с возможностью управления температурой смеси:

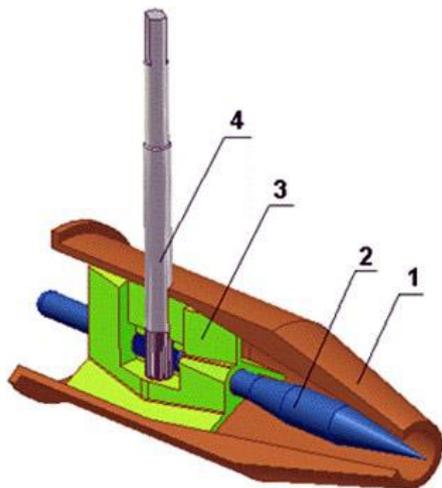
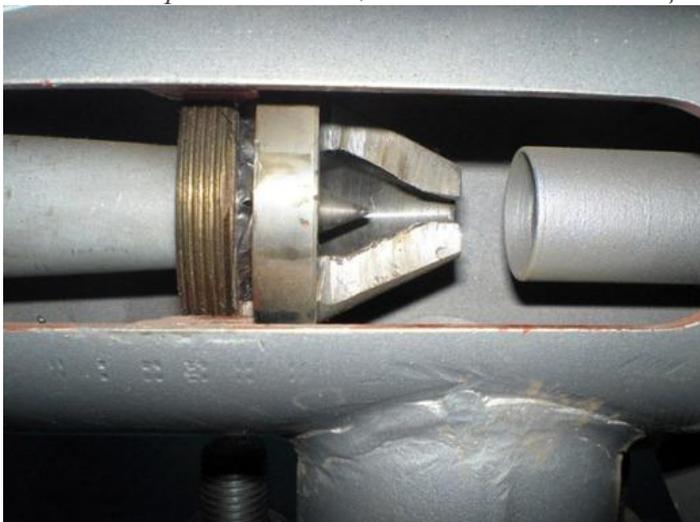


Рис. 1 схема элеватора отопления

1 – сопло; 2 – дроссельная игла; 3 – корпус исполнительного механизма с направляющими; 4 – вал с зубчатым приводом.

Примечание. Вал привода может снабжаться как рукояткой для управления вручную, так и электродвигателем, включаемым дистанционно.



Появившийся относительно недавно регулируемый элеватор отопления позволяет производить модернизацию тепловых пунктов без кардинальной замены оборудования. Учитывая, сколько еще подобных узлов функционирует на просторах СНГ, подобные агрегаты приобретают все большую актуальность.

Основные неисправности элеваторного узла

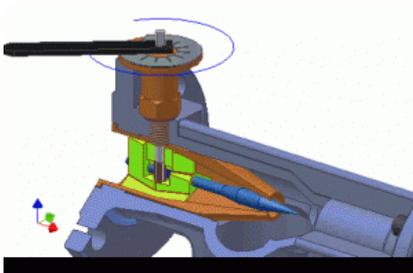
Даже такое простое устройство, как элеваторный узел, может работать неправильно. Неисправности можно определить путем анализа показаний манометров в контрольных точках элеваторного узла:



1. Неисправности часто вызываются засорением трубопроводов грязью и твердыми частичками в воде. Если наблюдается падение давления в системе отопления, которое до грязевика значительно выше, то эта неисправность вызвана засорением грязевика, который стоит в подающем трубопроводе. Грязь сбрасывается через спускные каналы грязевика, очищают сетки и внутренние поверхности устройства.



2. Если скачет давление в системе отопления, то возможными причинами может быть коррозия или засорение сопла. Если произойдет разрушение сопла, то давление в расширительном баке отопления может превысить допустимое.
3. Возможен случай, при котором растет давление в системе отопления, а манометры до и после грязевика в «обратке» показывают разные значения. В таком случае нужно чистить грязевик «обратки». Открываются сливные краны на нем, чистится сетка, и удаляются загрязнения изнутри.



4. При изменении размеров сопла из-за коррозии происходит вертикальное разрегулирование контура отопления. Внизу батареи будут горячие, а на верхних этажах недостаточно нагретые. Замена сопла на сопло с расчетной величиной диаметра устраняет подобную неисправность.

Контрольные вопросы:

1. В чем суть элеватора в отоплении?
2. Назовите область применения элеватора.

Литература:

1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.

2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
4. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.
8. Эксплуатация, наладка - Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация. – М.: Издательский центр «Академия», 2009.
9. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, наладка и испытание теплотехнического оборудования промышленных предприятий. Учебник для техникумов, 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: Энергоатомиздат., Санкт-Петербургское отделение, 1991г

Практическое занятие № 5
Тема: Расчет и подбор элеватора.

Цель работы: Произвести расчет и подбор элеватора

Порядок выполнения работы:

1. Выписать все расчетные формулы элеватора.

Расчет водоструйного насоса, а именно элеватор, считается довольно громоздким. Для подбора агрегата важны две главных характеристики элеваторов – внутренний размер смесительной камеры и проходной диаметр сопла. Размер камеры определяется по формуле:

$$d_r = 0,874 \sqrt{G_{\text{пр}}}$$

Здесь:

- d_r – искомый диаметр, см;
- $G_{\text{пр}}$ – приведенное количество смешанной воды, т/ч.

В свою очередь, приведенный расход вычисляется таким образом:

$$G_{\text{пр}} = \frac{G_{\text{см}}}{\sqrt{h_2}} = \frac{Q}{(\tau_{\text{см}} - \tau_{20}) \sqrt{h_2} \cdot 1000}$$

В этой формуле:

- $\tau_{\text{см}}$ – температура смеси, идущей на отопление, °С;
- τ_{20} – температура остывшего теплоносителя в обратке, °С;
- h_2 – сопротивление отопительной системы, м. вод. ст.;
- Q – потребный расход тепла, ккал/ч.

Чтобы подобрать элеваторный узел системы отопления по размеру сопла, надо его рассчитать по формуле:

$$d_c = \frac{10d_r}{\sqrt{\frac{0,78}{G_{\text{пр}}^2} (1 + u)^2 d_r^4 + 0,60 (1 + u)^2 - 0,4u^2}}$$

Здесь:

- d_r – диаметр смесительной камеры, см;
- $G_{\text{пр}}$ – приведенный расход смешанной воды, т/ч;
- u – безразмерный коэффициент инжекции (смешивания).

Первые 2 параметра уже известны, остается только отыскать значение коэффициента смешивания:

$$u' = \frac{\tau_1 - \tau_{\text{см}}}{\tau_{\text{см}} - \tau_{20}}$$

В этой формуле:

- t_1 – температура перегретого теплоносителя на входе в элеватор;
- $t_{см}$, t_{20} – то же, что и в предыдущих формулах.

Примечание. Для расчета сопла надо взять коэффициент μ , равный $1.15\mu'$.

Опираясь на полученные результаты, осуществляется подбор агрегата по двум основным характеристикам. Стандартные размеры элеваторов обозначены номерами от 1 до 7, принимать надо тот, что ближе всего к расчетным параметрам.

Контрольные вопросы:

1. Что является важным для характеристики элеватора?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.
8. Эксплуатация, наладка - Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация. – М.: Издательский центр «Академия», 2009.
9. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, наладка и испытание теплотехнического оборудования промышленных предприятий. Учебник для техникумов, 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: Энергоатомиздат., Санкт-Петербургское отделение, 1991г

Практическое занятие № 6

Тема: Характеристика калориферов КФС и КФБ в системе отопления.

Цель работы: Изучить калориферы КФС и КФБ в системе отопления.

Порядок выполнения работы:

1. Зарисуйте рис. 1 и дайте полное описание калориферов.
2. Зарисуйте рис. 2.
3. Ответьте на контрольные вопросы.

Общие сведения:

Калориферы стальные пластинчатые КФС, КФБ

Калориферы предназначены для нагрева воздуха в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в промышленных, жилых и общественных зданиях.

По форме калориферы подразделяются на пластинчатые, спирально-навивные и круглоребристые, а по характеру движения теплоносителя — на одноходовые и многоходовые.

Калориферы устанавливаются в системах с механическим и естественным побуждением воздуха.

Пластинчатые калориферы (рис. 1, а) выпускаются двух моделей средней КФС и большой КФБ.

Калориферы КФС и КФБ имеют по направлению движения воздуха 3 ряда труб, а калориферы большой модели — 4 ряда. Оребрение пластинчатых калориферов выполняется из листовой стали толщиной 0,5 мм, расстояние между пластинками в свету — 5 мм. Крышки у калориферов приварные, корпус неразъемный. Калориферы выпускаются одноходовыми и могут применяться для теплоносителей пара и воды.

Спирально-навивные калориферы (рис. 1, б) выпускаются двух моделей: средней КФСО и большой КФБО.

В отличие от пластинчатых калориферов поверхность нагрева спирально-навивных калориферов создается путем навивки стальной ленты толщиной 0,5 мм на трубы, по которым циркулирует теплоноситель. В результате навивки создается плотный контакт между трубой и лентой, что повышает теплотехнические показатели калориферов. Однако в сравнении с пластинчатыми калориферами спирально-навивные обладают большим сопротивлением по проходу воздуха. Спирально-навивные калориферы средней модели имеют по ходу движения воздуха 3 ряда труб, а большой модели — 4 ряда. Трубы у калориферов большой и средней модели расположены в шахматном порядке.

Калориферы КФСО и КФБО выпускаются одноходовые и могут применяться для теплоносителей пара и воды.

Многоходовые стальные пластинчатые калориферы (рис. 206, в) выпускаются двух моделей: средней КМС и большой КМБ. По ходу движения воздуха калориферы средней модели имеют 3 ряда трубок, а большой 4 ряда. Насадка пластин оребрения для создания поверхности нагрева производится так же, как и у пластинчатых одноходовых калориферов.

В отличие от одноходовых калориферов, в которых движение теплоносителя в коллекторе одновременно распределяется по всем трубкам, в многоходовых калориферах коллекторы изнутри разделены стальными пластинками на отдельные отсеки, что приводит к последовательному движению теплоносителя. В результате создается большая скорость теплоносителя в трубках (при одинаковом его расходе), за счет чего увеличивается коэффициент теплопередачи и тем самым повышаются теплотехнические показатели калорифера. Увеличение скорости движения теплоносителя в трубах калорифера предохраняет их от размораживания.

В многоходовых калориферах в качестве теплоносителя следует применять воду.

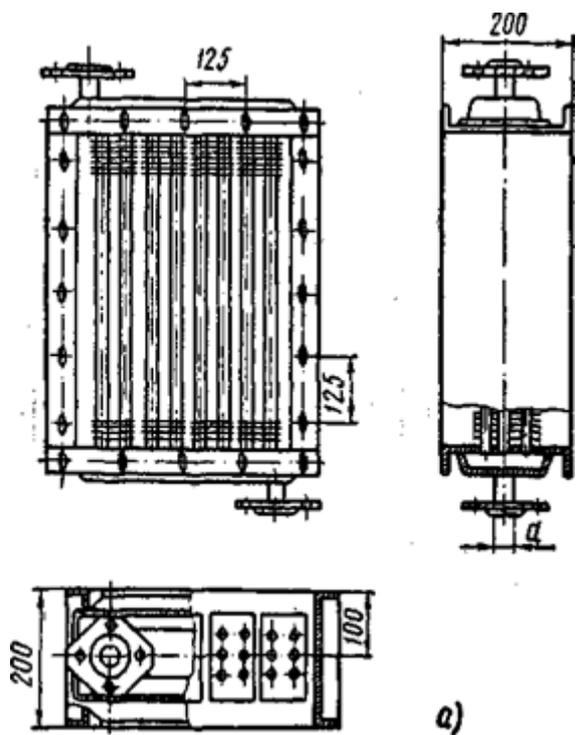
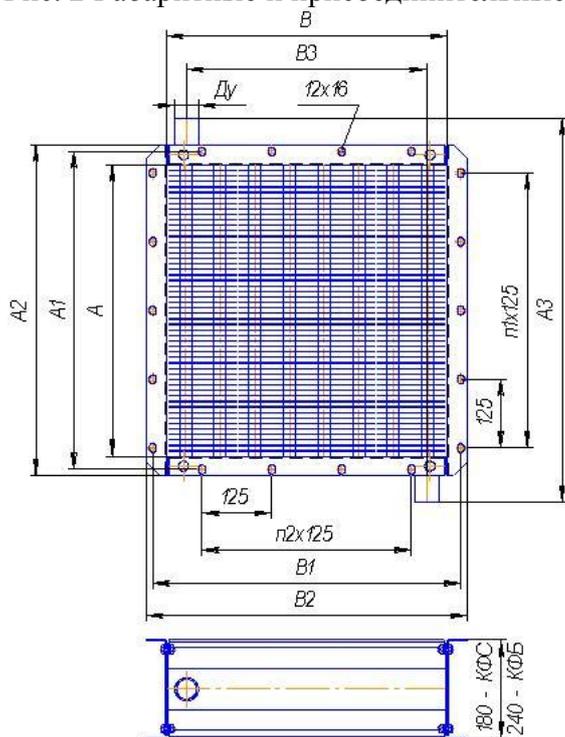


Рис. 1. Калориферы: а — стальной пластинчатый одноходовой модели КФС, б — стальной спирально-навивной модели КФСО, в — стальной пластинчатый многоходовой модели КМС

Рис. 2 Габаритные и присоединительные размеры:



Калориферы КМС и КМБ должны быть установлены с горизонтальным положением трубок. При установке калориферов с вертикальным положением трубок, в крышках калориферов должны быть выполнены отверстия и установлены краны для выпуска воздуха и спуска воды из каждого отсека калорифера.

Все выпускаемые калориферы рассчитаны на рабочее давление теплоносителя 8 кгс/см², испытываются калориферы на давление 12 кгс/см².

Электрокалориферы серии СФО с трубчатыми нагревателями предназначены для нагрева воздуха до 100° С в системах воздушного отопления, в системах вентиляции для создания искусственного климата и в сушильных установках.

Электрокалориферы СФО состоят из кожуха, выполненного из листовой стали, и трубчатых нагревательных элементов. Трубки нагревательных элементов оребрены алюминиевыми пластинами для увеличения поверхности нагрева.

В кожухе калорифера устанавливаются четыре самостоятельно регулируемые секции. Калорифер может работать на ступенях 100, 75, 50 и 25% от общей мощности. Заданная температура выходящего воздуха регулируется автоматически электроконтактными термометрами ЭКТ-1. При первоначальном включении калорифера работают все нагревательные элементы. При повышении температуры против заданной отключается одна секция калорифера, если температура воздуха повышается, и в дальнейшем отключается вторая и т. д. С понижением температуры выходного воздуха нагревательные элементы включаются в обратной последовательности.

Отопительные агрегаты предназначены для воздушного отопления промышленных и общественных зданий.

В настоящее время выпускаются следующие отопительные приборы и агрегаты: СТД-300М, ГСТМ-70М, СТД-300ОП и СТД-300ОВ, СТД-100.

Агрегат состоит из осевого вентилятора, непосредственно соединенного с электродвигателем, калорифера, кожуха с входным коллектором и выпускного патрубка с клапаном.

Агрегаты подвешивают к строительным конструкциям (стенам, колоннам, перекрытиям) зданий или устанавливают на полу или на металлических площадках.

Контрольные вопросы:

1. Что является важным для калориферов?
2. Какие калориферы выпускаются в наше время?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.
8. Эксплуатация, наладка - Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация. – М.: Издательский центр «Академия», 2009.
9. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, наладка и испытание теплотехнического оборудования промышленных предприятий. Учебник для техникумов, 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: Энергоатомиздат., Санкт-Петербургское отделение, 1991г

Практическое занятие № 7

Тема: Характеристика калориферов КВМ, КВС и КВП в системе отопления.

Цель работы: Изучить калориферы КВМ, КВС и КВП в системе отопления.

Порядок выполнения работы:

1. Произвести полное описание калориферов КВМ, КВС и КВП в системе отопления

Общие сведения:

Изготовление калориферов:

- с № 1 по № 12 в 4-х ходовом и одноходовом исполнении;

Назначение и условия эксплуатации.

Калорифер предназначен для нагрева воздуха с предельно допустимым содержанием химически агрессивных веществ по ГОСТ 12.1005 - 88, с запыленностью не более 0,15 мг/м³ и не содержащего липких веществ и волокнистых материалов, в системах воздушного отопления и в сушильных установках. Рабочее давление теплоносителя должно быть не более 1,2 МПа, температура не выше + 150°С.

Как и другое отопительное оборудование, калориферы обеспечиваются гарантией изготовителя и необходимыми сертификатами.

Применение

Предназначены для нагрева воздуха в системах вентиляции, воздушного отопления, кондиционирования воздуха, а также в сушильных установках с помощью горячей, перегретой воды или пара, поступающих от внешних источников воздуха и теплоснабжения. Температура воды - до 180°С; температура пара - до 190°С; рабочее давление - до 1,2 МПа (12 кгс/см²). Воздух должен быть с предельно-допустимым содержанием химически агрессивных веществ по ГОСТ 12. 1. 005-88 с запыленностью не более 0,5 мг/м³ и не содержать липких веществ и волокнистых материалов.

КАЛОРИФЕРЫ КВС, КВБ, КПС, КПБ

теплоносители

КВС, КВБ: горячая, перегретая вода;

КПС, КПБ: сухой насыщенный пар

Конструкция и принцип работы

Отопительное оборудование. Калориферы КВС, КВБ, КПС, КПБ.

Калориферы представляют собой полую сварную конструкцию, состоящую из двух коллекторов, соединенных между собой плоскоовальными трубками с наружными размерами поперечного сечения 73,8x10,8 мм. Насаженные с шагом 3,7 мм на трубки стальные гофрированные пластины с оцинкованным оребрением толщиной 0,5 мм образуют теплоотдающую поверхность, через которую совершается теплообмен между теплоносителем и нагреваемым воздухом. Для подвода и отвода теплоносителя служат патрубки. Для установки крепления калориферов при монтаже предусмотрены овальные отверстия 12x16 мм по боковым сторонам щитков и трубных решеток.

В калориферах КПС, КПБ с теплоносителем пар предусматривается установка обводных клапанов. В калориферах КВС, КВБ с теплоносителем вода необходимость в обводных клапанах определяется работой калорифера и схемой их регулирования. При использовании калориферов КВС, КВБ в схемах регулирования нагрева воздуха путем изменения расхода воды автоматическим клапаном, устанавливаемым на линии подачи теплоносителя, должен устанавливаться датчик температуры воды в обратном трубопроводе, который будет воздействовать на автоматический клапан подачи воды в калорифер.

Исполнение по внутреннему носителю

КВС, КВБ: №№ 6 -10 - шестиходовое; №№ 11 -12 - четырехходовое; последовательное многоходовое движение теплоносителя достигается за счет перегородок в коллекторах

КПС, КПБ: одноходовое

Рабочее положение

КВС, КВБ: только с горизонтальной ориентацией длины его трубок.

КПС, КПБ: только с вертикальной ориентацией длины его трубок.

Условия эксплуатации

Следует учесть, что для правильной эксплуатации калориферов система должна быть оснащена: предохранительной арматурой, устройствами, обеспечивающими выпуск воздуха при запуске, а также воды и конденсата при опорожнении, виброгашением и необходимой теплоизоляцией.

При остановке должен первым отключаться вентилятор, а затем калорифер.

Для предупреждения размораживания калориферов КВС, КВБ следует выбирать поверхность нагрева без излишних запасов и предусматривать последовательное соединение калорифера по теплоносителю воде. Следует также предусматривать необходимую блокировку их с вентиляторами и клапанами, обеспечивающими сначала прогрев калориферов, а затем пуск к вентиляторам.

Следует отметить, что конструкция этих калориферов на сегодняшний день считается устаревшей, так как калориферы с пластинчатым оребрением теплоотдающего элемента, по сравнению с калориферами ВНВ и ВНП с накатным оребрением теплоотдающего элемента и увеличенным до 22 мм диаметром трубы, отличается значительно большей материалоемкостью, худшими аэродинамическими и теплотехническими показателями, ощутимо большим весом калориферов, существенно меньшим сроком эксплуатации калориферов. Калориферы имеют теплоотдающие трубки $D_{н16} \times (1,5+2,8)$ мм с оребрением из стальных пластин толщиной 0,5 мм. Теплоноситель - вода и пар.

Контрольные вопросы:

1. В чем разница конструкции калориферов КВС, КВБ на сегодняшний день?
2. Объясните условия эксплуатации калориферов?
3. В чем разница исполнения по внутреннему носителю?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.
8. Эксплуатация, наладка - Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация. – М.: Издательский центр «Академия», 2009.
9. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, наладка и испытание теплотехнического оборудования промышленных предприятий. Учебник для техникумов, 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: Энергоатомиздат., Санкт-Петербургское отделение, 1991г

Практическое занятие № 8

Тема: Характеристика воздушно-отопительного агрегата СТД -100В в системе отопления.

Цель работы: Изучить воздушно-отопительные агрегаты СТД -100В в системе отопления

Порядок выполнения работы:

1. Зарисовать рис 1, 2 и описать его устройство.
2. Перечислить типы агрегатов.

Общие сведения:

Агрегат применяется в системах вентиляции, воздушного отопления, производственных, бытовых помещений, нагрева проходящего воздуха и других технологических процессов, требующих заданного теплового режима.

Конструктивно выпускаются два типа **СТД 100В** и **СТД 300В (П)**

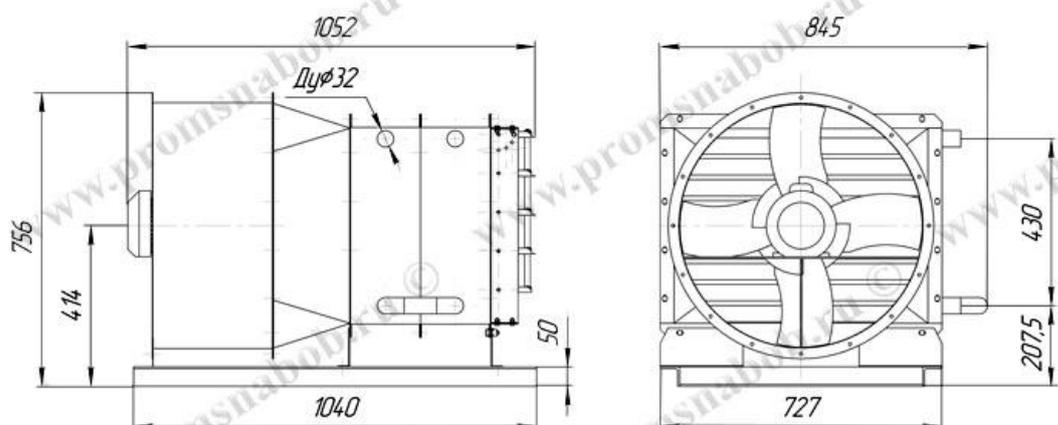
Воздушно-отопительные агрегаты СТД 100П и СТД 300П, подвесного типа, состоят из осевого вентилятора, теплообменника (водяной спирально-навивной калорифер) с поворотными лопатками для регулирования потока воздуха.

Агрегат имеет узловую структуру и набирается из функциональных узлов различного назначения, имеющих унифицированные присоединительные размеры.

В качестве теплоносителя в агрегате СТД100В должна быть использована вода с температурой не более +1500С. Воздушно - отопительные агрегаты СТД состоят из: вентилятора осевого, диффузора, калорифера, конфузора, клапана воздушного, рамы

Производительность по воздуху	85000 м ³ /час
Тип вентилятора	ВО-06-300-6,3 1,5/1500
Площадь поверхности теплообмена	47 м ²
Тип калорифера	КСК 3-7
Производительность по теплу	100 кВт

Габаритные размеры воздушно-отопительного агрегата СТД-100 В



В данное время выпускают следующие паро- и водовоздушные отопительные агрегаты: подвесные типа СТД-100, типов АПВС, АПВ, напольные СТД-300М с калориферами СТД, имеющими плоскоовальные трубки (агрегаты АПВС и АПВ заменяются на АОД2). Агрегаты СТД-100 (рис. 1, 2) при теплоносителе воде оборудуют двумя калориферами СТД, а при теплоносителе паре — одним калорифером. Для направления потока воздуха, выходящего из агрегата, служат направляющие решетки с горизонтальными поворотными лопатками.

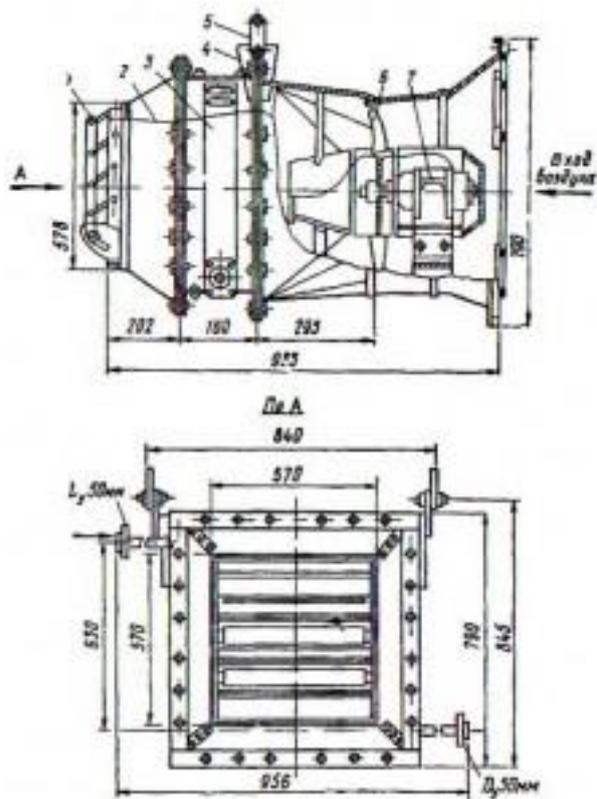


Рис. 1 Отопительный подвесной агрегат STD-100 для теплоносителя пара
 1 — направляющая решетка; 2 — конфузор, 3—калорифер; 4 — кронштейн; 5 — петля для подвески агрегата, 6 — вентилятор, 7 — электродвигатель

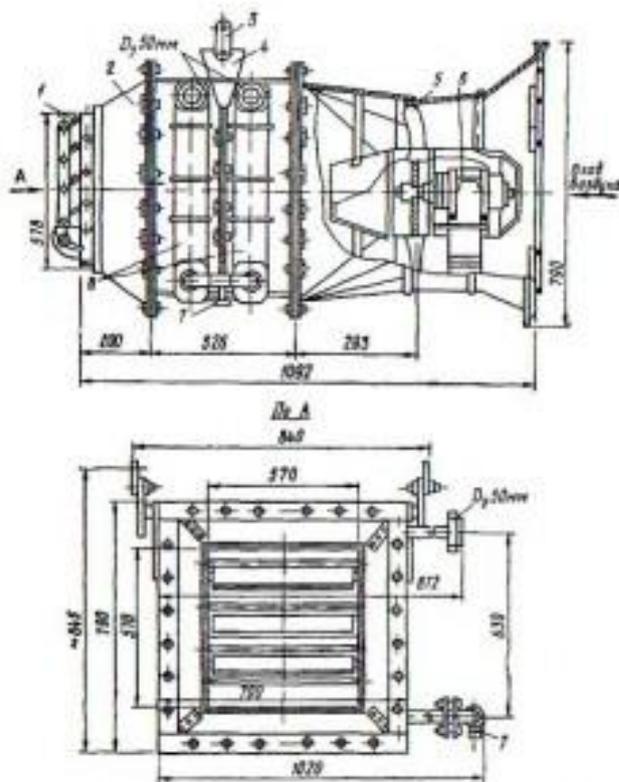


Рис. 2. Отопительный подвесной агрегат STD-100 для теплоносителя воды
 1 — направляющая решетка; 2—конфузор, 3 — петля для подвески агрегата; 4 — кронштейн; 5 — вентилятор, 6 — электродвигатель; 7 — пробка для слива воды,

Контрольные вопросы:

1. Назовите типы установки агрегатов?
2. С какой температурой должна быть использована вода в качестве теплоносителя в агрегате СТД100В?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.
8. Эксплуатация, наладка - Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация. – М.: Издательский центр «Академия», 2009.
9. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, наладка и испытание теплотехнического оборудования промышленных предприятий. Учебник для техникумов, 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: Энергоатомиздат., Санкт-Петербургское отделение, 1991г

Практическое занятие № 9

Тема: Характеристика воздушно-отопительного агрегата СТД -300М в системе отопления.

Цель работы: Изучить воздушно-отопительный агрегат СТД -300М в системе отопления.

Порядок выполнения работы:

- 1.Опишите назначение агрегата.
2. Зарисуйте рис 1, 2 и опишите их устройства.

Общие сведения:

НАЗНАЧЕНИЕ

Воздушно - отопительный агрегат СТД - 300М располагается напольно. Агрегат осуществляет нагрев воздуха с помощью теплоты горячей или перегретой воды, поступающей от внешних источников теплоснабжения и предназначен для воздушного отопления (в том числе и дежурного отопления) производственных помещений категории Г и Д по СНиП 2.09.02-85, технологический процесс в которых не сопровождается выделением пыли взрывоопасных газов. В воздухе не должны находиться липкие вещества и волокнистые материалы.

Агрегат должен эксплуатироваться в макроклиматических районах с умеренным климатом (УЗ) категории размещения 3 по ГОСТ 15150. Температура теплоносителя не выше 180°С и давление не более 1,2МПа.

ПРИНЦИП РАБОТЫ

При работе вентилятора забор воздуха производится из помещения и нагревается, проходя через воздухонагреватель. Затем направляется через поворотные лопатки в обогреваемую зону.

По заказу отопительные агрегаты изготавливаются с теплоносителем — пар.

Агрегат отопительный СТД-300М изготавливают в двух исполнениях: при теплоносителе паре — с одним одноходовым калорифером СТД (рис. 1), при теплоносителе воде — с двумя многоходовыми калориферами СТД (рис. 2).

Агрегат предназначен для воздушного отопления промышленных зданий.

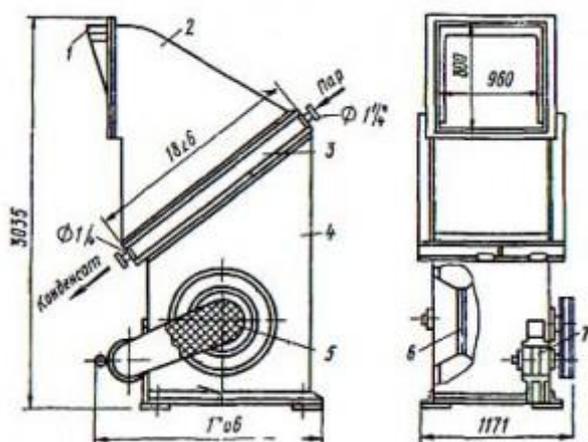


Рис 1 Отопительный напольный агрегат СТД-300М для теплоносителя пара
1 — козырек 2— конфузор, 3 — калориферы 4—корпус, 5 — ограждение ремня, 6 — вентилятор, 7 — электродвигатель

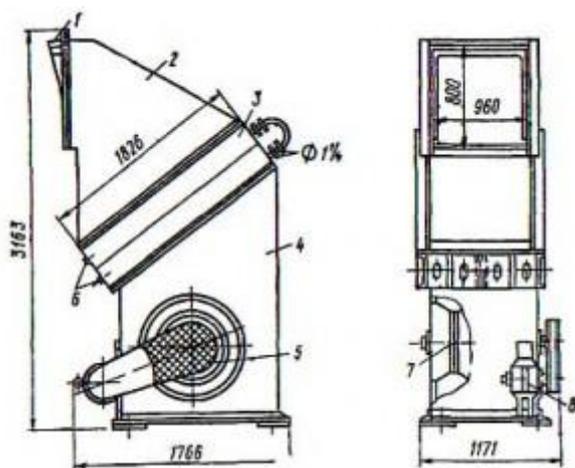


Рис 2 Отопительный напольный агрегат СТД 300М для теплоносителя воды
 1 — козырек 2 — конфузор 3 — калориферы 4 — корпус, 5 — ограждение ремня б — пробки для слива воды, 7 — вентилятор, 8 — электродвигатель

Технические данные агрегатов СТД-300М

Потери давления в калорифере при теплоносителе воде составляют 16 кПа (1600 кгс/м²) при $\Delta t=130—70^{\circ}\text{C}$ и 10 кПа (1000 кгс/м²) при $\Delta t=150—70^{\circ}\text{C}$. Для систем с теплоносителем паром агрегат СТД-300М поставляется с термостатическим конденсатоотводчиком. Для подачи воздуха агрегат комплектуется центробежным вентилятором Ц4-70 № 8 двустороннего всасывания с электродвигателем А02-32-4 мощностью 3 кВт и частотой вращения 1430 об/мин.

Контрольные вопросы:

1. Назовите технические характеристики агрегата?
2. Какие бывают агрегаты в исполнении?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.
8. Эксплуатация, наладка - Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация. – М.: Издательский центр «Академия», 2009.
9. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, наладка и испытание теплотехнического оборудования промышленных предприятий. Учебник для техникумов, 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: Энергоатомиздат., Санкт-Петербургское отделение, 1991г

Практическое занятие № 10

Тема: Характеристика стального радиатора в системе отопления.

Цель работы: Изучить стальной радиатор в системе отопления.

Порядок выполнения работы:

1. Описать основные типы радиаторов отопления.
2. Выписать достоинства и недостатки панельных и трубчатых стальных радиаторов.

Общие сведения:

Основные типы радиаторов отопления:

- **Чугунные батареи.** Этот тип теплообменных приборов может иметь различный внешний вид — усовершенствованные, с гладкими внешними и внутренними поверхностями, с ретро или современным дизайном, а также батареи со знакомыми для всех формами и характеристиками, МС-140. Несмотря на то что появилось немало новинок из других материалов, чугунные радиаторы не теряют своей популярности, так как славятся своей надежностью и долговечностью, а также высокой теплоотдачей.
- **Алюминиевые радиаторы** имеют современный внешний дизайн. Они легки по весу, несложны в установке и экономны в использовании теплоносителя, а значит, и в расходе энергоресурсов для их нагрева. Тонкие стенки этих батарей быстро прогреваются и отдают тепло в помещения. Есть у этих приборов и свои характерные особенности, поэтому о них можно сказать, что подходят они в большей мере для установки в автономную отопительную систему, где нет резких перепадов температур, гидроударов и даже незначительных скачков давления в контуре.
- **Биметаллические радиаторы** изготавливаются из двух видов металла — это сталь и алюминий. Конструкторы при разработке максимально использовали положительные качества этих материалов, поэтому внутренние каналы изготовлены из стального сплава, стойкого к барическим нагрузкам, а алюминий — это отличный проводник тепла. Комбинация этих материалов дает высокие результаты, поэтому биметаллические батареи отопления пользуются спросом владельцев, как квартир в многоэтажках, так и частных домов. Но полностью раскрывают свои потенциальные возможности биметаллические радиаторы именно при высоких показателях нагрева, что больше свойственно центральным системам отопления.
- **Стальные радиаторы.** Стальные радиаторы могут иметь разные конструкции и формы, различаться по своему дизайну, в том числе даже и по цветовому решению. По принципиальному устройству их разделяют на панельные и трубчатые. Первые из них состоят из одной или нескольких панелей, а вторые из круглых, прямоугольных или выполненных в виде узких панелей труб.

Панельные стальные радиаторы: Из стальных листов толщиной 0,3÷0,5 мм также методом штамповки изготавливаются конвекторы с ребрами П-образной формы. После этого на готовые панели с помощью точечной сварки закрепляются конвекторы, если они предусмотрены данным типом радиатора. Следующим шагом на получившихся панелях ввариваются патрубки для врезки в трубы отопительного контура. По окончании сварочных работ все швы шлифуются. Завершающим этапом производится покраска изделий.

Достоинства:

1. Благодаря цельности конструкции радиатора, монтаж проходит достаточно быстро. Прибор нужно только навесить на вмонтированные в стены кронштейны и врезать в отопительный контур. Однако, такую неразборность можно считать не только «плюсом», но в некоторых случаях и «минусом», так как если возникнет аварийная ситуация, то

придется полностью заменить радиатор. В секционной же батарее есть возможность заменять только вышедшие из строя секции.

2. Высокая теплоотдача, которая происходит благодаря достаточно большой по площади металлической нагреваемой и отдающей тепло поверхности, а также конвекторам, создающим направленное перемещение разогретого воздуха.

3. Экономичность. Для панельных радиаторов необходим небольшой «литраж» теплоносителя, а значит, для его нагрева потребуется меньшее количество энергии.

Поэтому, по расчетам, при их использовании экономия энергоносителей достигает 35% по сравнению с чугунными батареями.

4. О поверхность панелей сложно пораниться, так как отсутствует выраженная ребристость с травмоопасными углами — этот фактор особенно важен, если в доме есть маленький ребенок. Даже ударившись об гладкую стальную поверхность, он не получит серьезных травм.

5. Для этого вида приборов не придется приобретать защитные или декоративные экраны, так как их поверхности и так уже имеют аккуратный внешний вид.

Недостатки:

1. Невысокая устойчивость к резким перепадам давления теплоносителя, так как самая качественный сварной шов может дать трещину при возникновении гидроудара. Поэтому в условиях центральной отопительной системы в контур обязательно должен быть встроен редуктор, который «погасит» гидроудар.
2. Панельные радиаторы быстро выходят из строя при использовании некачественного теплоносителя. К сожалению, центральная система отопления обычно не может «похвастаться» его высоким качеством, и на внутренних стенках радиаторов откладывается большое количество грязи и накипи, способствующей засорению каналов и появлению очагов коррозии.
3. Панели радиатора не стойки к механическим воздействиям, поэтому требуют аккуратной транспортировки. Также и при их эксплуатации необходимо избегать ударов и нанесения царапин, например, при перестановке мебели.

Трубчатые стальные радиаторы: Из стальных листов штамповываются половинки секций трубчатых радиаторов. Далее, отдельные половинки соединяются контактной сваркой на специальном оборудовании. Следующим шагом готовые секции подвергаются шлифовке от заусенцев и выступов, оставшихся после сварки. После этого отшлифованные элементы секции соединяются между собой в радиатор, также с помощью сварки. Затем сварочные швы снова шлифуются. Следующим этапом идет проверка изделий на герметичность — этот процесс проводится в специальной испытательной ванне. Готовые и проверенные радиаторы поступают на линию покраски. Она происходит таким же образом, что и при покрытии панельных батарей, с применением тех же красящих составов. После окраски радиаторы поступают в высокотемпературные камеры для оплавления эпоксидного покрытия

Достоинства:

1. Равномерный прогрев поверхностей трубчатых радиаторов быстро обеспечивает комфортную температуру в комнатах.
2. Высокая теплоотдача приборов.
3. Простота в монтаже и эксплуатации.
4. Благодаря гладким поверхностям трубчатых радиаторов, на них не собираются слои пыли, поэтому за ними легко ухаживать. Благодаря тому, что батареи не собирают пыль и грязь, они признаны соответствующими существующим санитарно-гигиеническим нормам.
5. Возможность регулировки температурного режима в комнате, так как этот вид батарей вполне может быть оснащен термостатическим регулятором

6. Очень богатый ассортимент разновидностей по дизайнерских решениям. Некоторые из моделей трубчатых батарей оснащаются полками или деревянными панелями для сидения, которые также могут быть использованы для просушки одежды или обуви.

7. Трубчатые радиаторы достаточно безопасны, с точки зрения получения случайных травм, так как имеют «мягкие» скругленные формы, поэтому их вполне можно устанавливать в детских комнатах.

Недостатки:

1. Неустойчивость материала изготовления к коррозионным процессам, особенно, если радиаторы устанавливаются в центральную систему отопления, где теплоноситель не отличается высоким качеством.
2. Высокий уровень цен на подобные приборы.
3. Неустойчивость к акцентированным механическим воздействиям.

Контрольные вопросы:

1. В чем разница в стальных радиаторах отопления?
2. Перечислите достоинства и недостатки чугунных радиаторов?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 11

Тема: Выполнение схемы передвижной бойлерной установки.

Цель работы: Изучить и выполнить соединение схем передвижной бойлерной установки

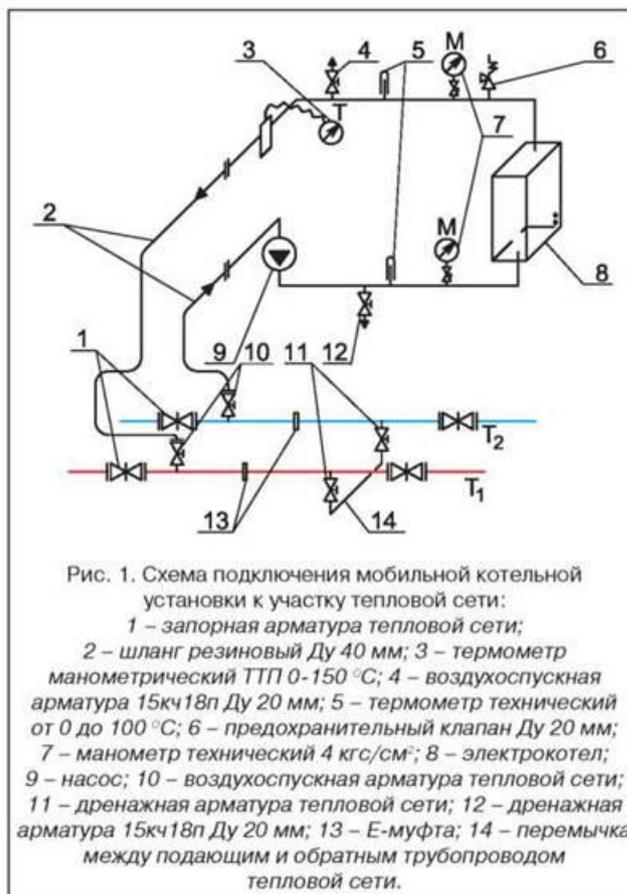
Порядок выполнения работы:

1. Зарисуйте рис. 1 и опишите его устройство.
2. Опишите порядок действий системы ТС с Е-муфтой
3. Зарисуйте рис. 2 и опишите его устройство.

Общие сведения.

Передвижная бойлерная установка (ПБУ) в период капитального ремонта позволяет не прекращать подачу теплоты.

На ТЭЦ-1 разработана, смонтирована и с 2008 г успешно применяется **мобильная котельная установка**, предназначенная для нагрева и подачи теплоносителя во вновь построенную теплосеть из предварительно изолированных ППУ труб



Установка включает в себя:

- котел электрический (номинальной мощностью - 98 кВт, напряжением - 380 В);
- насос (производительностью - 15 м³/ч, напором - 10 м вод.ст.);
- воздушопускную и дренажную арматуру;
- предохранительную арматуру;
- контрольно-измерительные приборы;
- каркас на станине;
- шкаф управления электрооборудования установки.

Принципиальная технологическая схема мобильной котельной установки и схема подсоединения к тепловой сети приведена на рис. 1.

Электроснабжение мобильной котельной установки осуществляется от источника электрической энергии напряжением 0,4 кВ.

Для соединения мобильной котельной установки с участком тепловой сети используются резиновые шланги.

Осуществление нагрева системы ТС с Е-муфтой

Порядок действий следующий.

1. Смонтированный участок теплосети отключают от действующей сети путем закрытия запорной арматуры на подающем и обратном трубопроводах.
2. На одном конце теплосети устанавливают перемычку между подающим и обратным трубопроводами, используя имеющуюся дренажную арматуру теплосети, либо арматуру в тепловом узле вновь построенного здания.
3. На другом конце теплосети подсоединяют к имеющейся воздухопускной либо дренажной арматуре резиновые шланги. Свободные концы шлангов соединяют с входными и выходными патрубками мобильной котельной установки.
4. Заполняют смонтированный участок сетевой водой путем открытия запорной арматуры на подающем трубопроводе. При невозможности заполнения сетевой водой теплосеть заполняют химочищенной водой с помощью, например, АС машины через воздухопускную (дренажную) арматуру на подающем трубопроводе в месте подсоединения мобильной котельной установки. При этом воздух удаляют через воздухопускную арматуру мобильной котельной установки.
5. Устанавливают статическое давление в теплосети не более 2 кгс/см² путем сброса части воды через воздушник мобильной котельной установки.
6. Включают насос.
7. Включают электродвигатель.
8. Контролируют показания контрольно-измерительных приборов и расстояние между внутренними концами труб Е-муфты.
9. По мере роста давления в теплосети периодически его снижают до 2 кгс/см² путем сброса части воды через воздушник мобильной котельной установки.
10. После смыкания внутренних концов труб Е-муфты фиксируют сваркой.
11. Отключают котел.
12. Отключают насос.
13. Закрывают воздухопускную и дренажную арматуру на теплосети.
14. Отсоединяют шланги, демонтируют перемычку между подающим и обратным трубопроводами.
15. Устанавливают циркуляцию на смонтированном участке путем открытия запорной арматуры на действующей теплосети.
16. Производят засыпку траншеи в месте расположения Е-муфты.

Основные узлы агрегата.

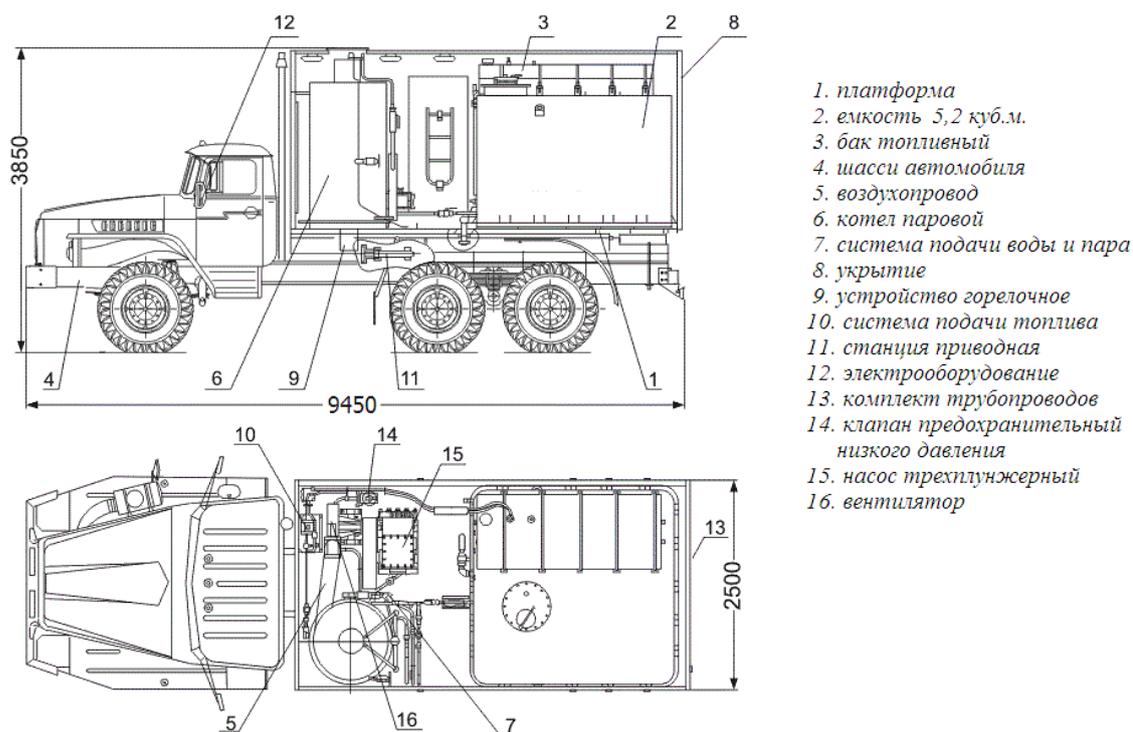


Рис. 2 Мобильная установка

Контрольные вопросы:

1. Что такое передвижная бойлерная установка?
2. Назовите преимущество ПБУ от МКУ.

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 12

Тема: Выполнение схемы присоединение систем отопления и вентиляции.

Цель работы: Изучить и выполнить соединение схем систем отопления и вентиляции.

Порядок выполнения работы:

1. Опишите независимую схему присоединения систем отопления.
2. Зарисуйте схему (рис.1) и опишите принцип ее работы.
3. Опишите зависимые схемы присоединения систем отопления и их достоинства и недостатки.
4. Зарисуйте все последующие схемы систем отопления.

Общие сведения

Схемы присоединения систем отопления бывают *зависимыми* и *независимыми*. В зависимых схемах теплоноситель в отопительные приборы поступает непосредственно из тепловой сети. Один и тот же теплоноситель циркулирует как в тепловой сети, так и в системе отопления, поэтому давление в системах отопления определяется давлением в тепловой сети. В независимых схемах теплоноситель из тепловой сети поступает в подогреватель, в котором нагревает воду, циркулирующую в системе отопления. Система отопления и тепловая сеть разделены поверхностью нагрева теплообменника и, таким образом, гидравлически изолированы друг от друга.

Для смешения применяют водоструйные насосы (элеваторы) или насосы. Наибольшее распространение в качестве смесительного устройства получил элеватор (б). При применении элеваторов вследствие их большого сопротивления повышается гидравлическая устойчивость тепловой сети. Кроме того, элеватор является чрезвычайно простым устройством, не имеющим движущихся частей, поэтому он надежен в эксплуатации, имеет большой срок службы, затраты на его обслуживание минимальны. Для обеспечения расчетной температуры в системе отопления необходимо обеспечить расчетный коэффициент смешения, определяемый по формуле:

$$U = G_2 / G_1 = (T_1 - T_{11}) / (T_{11} - T_{22})$$

где U — коэффициент смешения; G_2 — расход подмешиваемой воды из системы отопления, кг; G_1 — расход воды, поступающей из тепловой сети, кг, т; T_1 — температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети, °С; T_{11} — то же в подающем трубопроводе системы отопления (после смесительного устройства), °С; T_{22} — то же в обратном трубопроводе системы отопления.

Могут применяться любые схемы, но следует правильно выбирать вид присоединения систем отопления, чтобы обеспечить надежную их работу.

Независимая схема присоединения систем отопления

Применяется в следующих случаях:

1. для подключения высоких зданий (более 12 этажей), когда давления в тепловой сети недостаточно для заполнения [отопительных приборов](#) на верхних этажах;
2. для зданий, требующих повышенной надежности работы систем отопления (музеи, архивы, библиотеки, больницы);
3. здания, имеющие помещения, куда нежелателен доступ постороннего обслуживающего персонала;
4. если давление в обратном трубопроводе тепловой сети выше допустимого давления для систем отопления (больше *60 м.вод.ст.* или *0,6 МПа*).

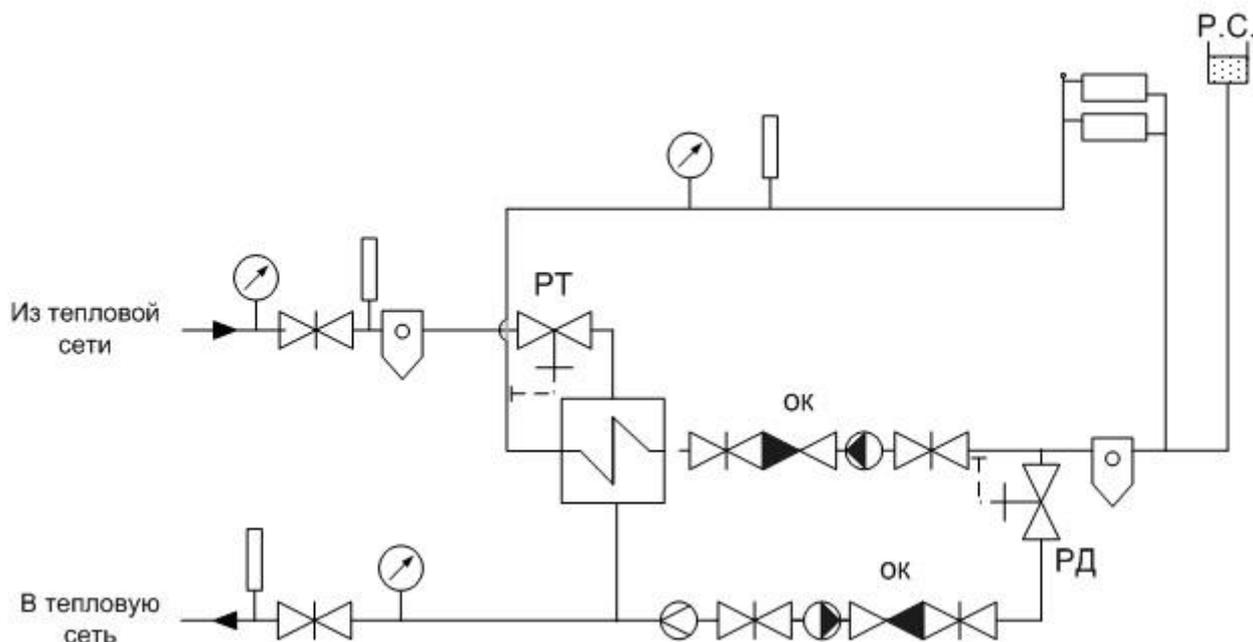


Рис. 1 РС – расширительный сосуд, РД – регулятор давления, РТ – регулятор температуры; ОК – обратный клапан.

Сетевая вода из подающей линии поступает в теплообменник и нагревает воду местной отопительной системы. Циркуляция в системе отопления осуществляется циркуляционным насосом, который обеспечивает постоянный расход воды через нагревательные приборы. Система отопления может иметь расширительный сосуд, в котором содержится запас воды для восполнения утечек из системы. Он обычно устанавливается в верхней точке и подключается к обратной линии на всасывания циркуляционного насоса. При нормальной работе системы отопления утечки незначительны, что дает возможность заполнять расширительный бак раз в неделю. Подпитка производится из обратной линии по перемычке, выполняемой для надежности с двумя кранами и сливом между ними, или с помощью подпиточного насоса, если давления в обратной линии недостаточно для заполнения расширительного сосуда. Расходомер на линии подпитки позволяет учитывать водоразбор из тепловой сети и правильно производить оплату. Наличие подогревателя позволяет осуществлять наиболее рациональный режим регулирования. Это особенно эффективно при плюсовых температурах наружного воздуха и при центральном качественном регулировании в зоне излома температурного графика.

Наличие в схеме подогревателей, насоса, расширительного бака увеличивает стоимость оборудования и монтажа, и увеличивает размеры теплового пункта, а также требует дополнительных затрат на обслуживание и ремонт. Использование теплообменника увеличивает удельный расход сетевой воды на тепловой пункт и вызывает повышение температуры обратной сетевой воды на $3\div 4^{\circ}\text{C}$ в среднем за отопительный сезон.

Зависимые схемы присоединения систем отопления.

В этом случае системы отопления работают под давлением, близким к давлению в обратном трубопроводе тепловой сети. Циркуляция обеспечивается за счет перепада давлений в подающем и обратном трубопроводах. Этот перепад ΔP должен быть достаточен для преодоления сопротивления системы отопления и теплового узла.

Если давление в подающем трубопроводе превышает необходимое, то оно должно быть снижено регулятором давления или дроссельной шайбой.

Достоинства зависимых схем по сравнению с независимой:

- проще и дешевле оборудование абонентского ввода;

- может быть получен большой перепад температур в системе отопления;
- сокращен расход теплоносителя,
- меньше диаметры трубопроводов,
- снижаются эксплуатационные расходы.

Недостатки зависимых схем:

- жесткая гидравлическая связь тепловой сети и систем отопления и, как следствие, пониженная надежность;
- повышенная сложность эксплуатации.

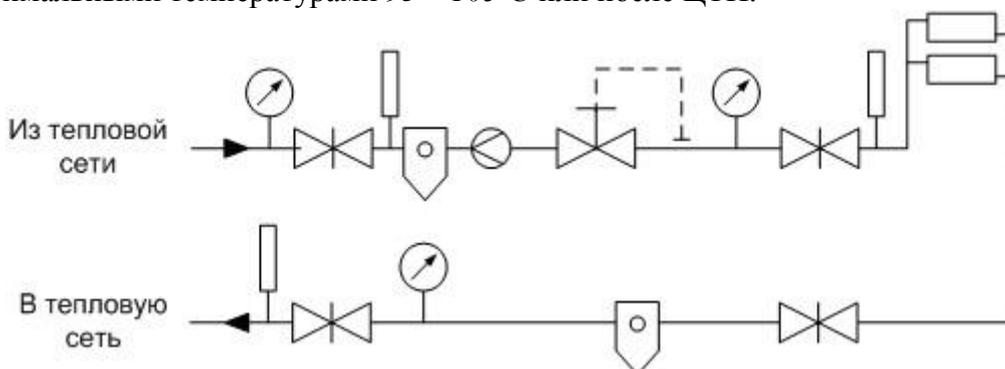
Различают следующие способы зависимого подключения:

- [схема непосредственного присоединения](#);
- [схема с элеватором](#);
- [схема с насосом на перемычке](#);
- [схема с насосом на обратной линии](#);
- [схема с насосом на подающей линии](#);
- [схемы с насосом и элеватором](#).

Схема непосредственного присоединения систем отопления

Она является простейшей схемой и применяется, когда температура и давление теплоносителя совпадают с параметрами [системы отопления](#). Для присоединения жилых зданий на абонентском вводе должна быть температура сетевой воды не более 95°C , для производственных зданий – не более 150°C .

Эта схема может применяться для подключения промышленных зданий и жилого сектора к котельным с чугунными водогрейными котлами, работающими с максимальными температурами $95 - 105^{\circ}\text{C}$ или после ЦТП.

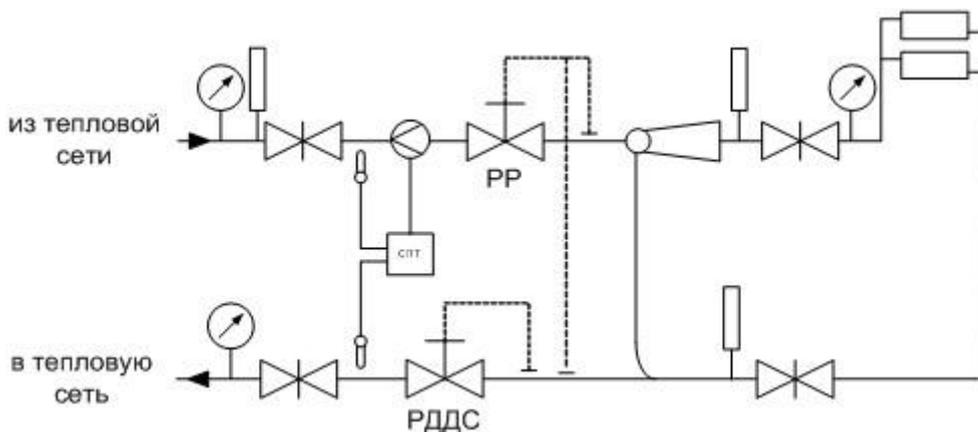


Здания присоединяются непосредственно, без смешения. Достаточно иметь задвижки на подающем и обратном трубопроводах системы отопления и необходимые КИП. Давление в тепловой сети в точке присоединения должно быть меньше допустимого. Наименьшей прочностью обладают чугунные радиаторы, для которых давление не должно превышать *60 м.вод.ст.* Иногда устанавливают регуляторы расхода.

Схема с элеватором

Применяется, когда требуется снизить температуру теплоносителя для систем отопления по санитарно-гигиеническим показателям (например, со 150°C до 95°C). Для этого применяют водоструйные насосы ([элеваторы](#)). Кроме того, элеватор является побудителем циркуляции.

По этой схеме присоединяется большинство жилых и общественных зданий. Преимуществом этой схемы является ее низкая стоимость и, что особенно важно, высокая степень надежности элеватора.



РДДС – регулятор давления до себя; СПТ – теплосчетчик, состоящий из расходомера, двух термометров сопротивления и электронного вычислительного блока.

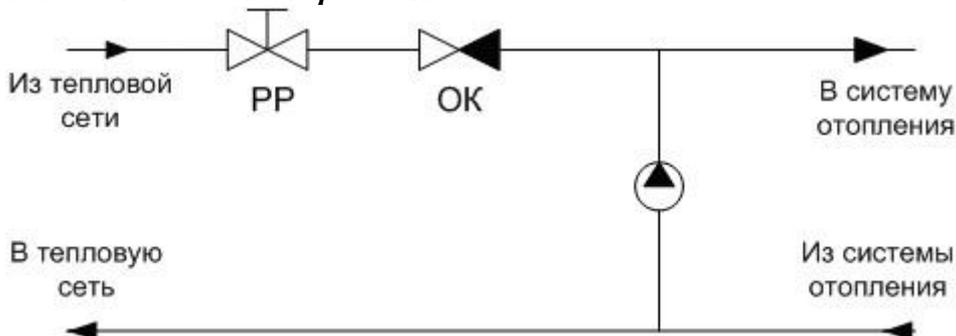
Достоинства элеватора:

- простота и надежность работы;
- нет движущихся частей;
- не требуется постоянное наблюдение;
- производительность легко регулируется подбором диаметра сменного сопла;
- большой срок службы;
- постоянный коэффициент смешения при колебаниях перепада давления в тепловой сети (в определенных пределах);
- вследствие большого сопротивления элеватора повышается гидравлическая устойчивость тепловой сети.

Недостатки элеватора:

- низкий КПД, равный $0,25 \div 0,3$, поэтому для создания перепада давления в системе отопления надо иметь до элеватора располагаемый напор в $8 \div 10$ раз больший;
- постоянство коэффициента смешения элеватора, что приводит к перегреву помещений в теплый период отопительного сезона, т.к. нельзя изменить соотношение между количествами сетевой воды и подмешиваемой;
- зависимость давлений в системе отопления от давлений в тепловой сети;
- при аварийном отключении тепловой сети прекращается циркуляция воды в отопительной установке, в результате чего создается опасность замерзания воды в системе отопления.

Схема с насосом на перемычке



Применяется:

1. при недостаточном перепаде давлений на абонентском вводе ;

2. при достаточном перепаде давлений, но если давление в обратном трубопроводе превышает статическое давление системы отопления не более чем на 5 м вод. ст.;
3. требуемая мощность теплового узла велика (более 0,8МВт) и выходит за пределы мощности выпускаемых элеваторов.

При аварийном отключении тепловой сети насос осуществляет циркуляцию воды в отопительной установке, что предотвращает ее размораживание в течение относительно длительного периода (8 - 12 часов). Такая схема установки насоса обеспечивает наименьший расход электроэнергии на перекачку, т.к. насос подбирается по расходу подмешиваемой воды.

При установке смесительных насосов в жилых и общественных зданиях рекомендуется применять бесшумные бесфундаментные насосы типа ЦВЦ производительностью от 2,5 до 25 м³/час. Более высокой надежностью обладают насосы импортного производства, которые в настоящее время начинают использоваться на тепловых пунктах.

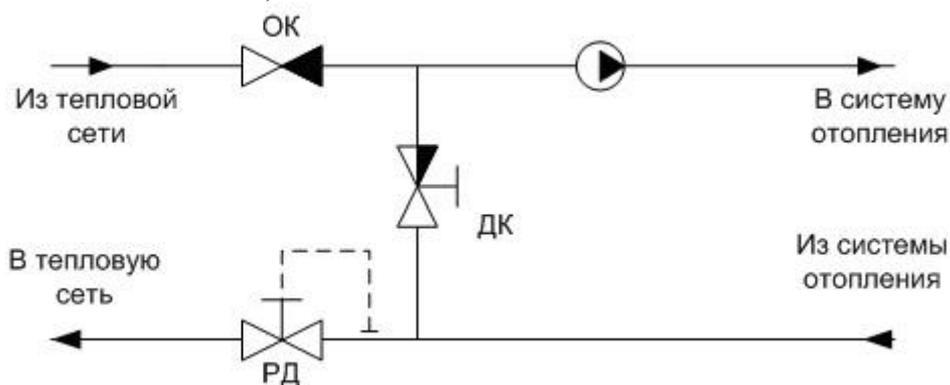
Замена элеваторов насосами является прогрессивным решением, т.к. позволяет примерно на 10% снизить расход сетевой воды и уменьшить диаметр трубопроводов.

Недостаток – шум насосов (фундаментных) и необходимость их обслуживания.

Схема широко применяется для ЦТП.

Схема с насосом на подающей линии.

Данная схема применяется при недостаточном давлении в подающей магистрали, т.е. когда это давление ниже статического давления системы отопления (в зданиях повышенной этажности).

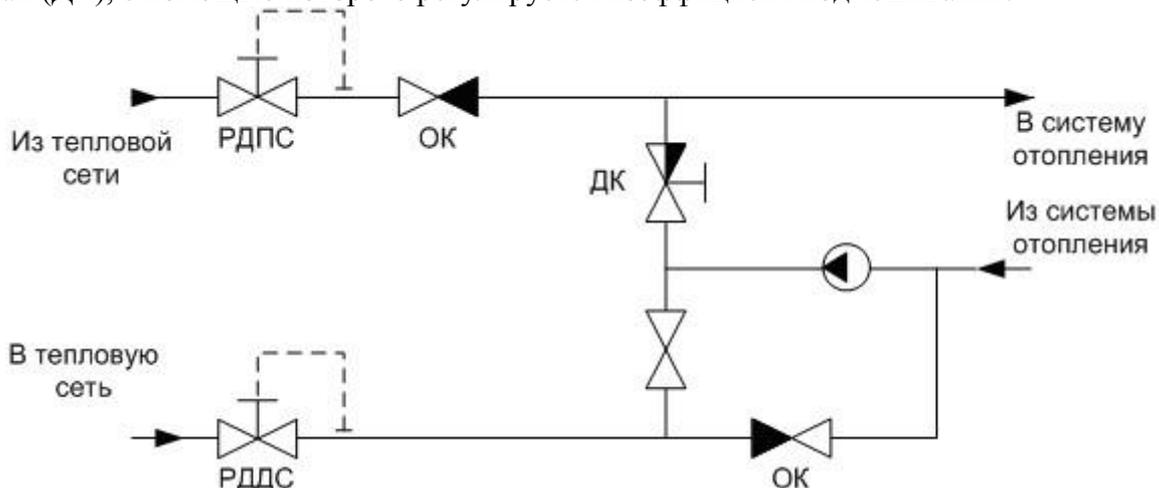


Расчетный напор насоса должен соответствовать недостающему напору, а производительность выбирается равной полному расходу воды в отопительной установке. Залив системы отопления обеспечивается регулятором подпора РД, причем разность напоров между подающей и обратной линиями дросселируется в регулировочном клапане на перемычке (ДК – дроссельный регулировочный клапан). С его помощью устанавливается необходимый коэффициент подмешивания. При нестабильном гидравлическом режиме тепловой сети обратный клапан на подающей линии заменяют регулятором давления после себя (РДПС), на который подается импульс при остановке подкачивающих насосов.

Схема с насосом на обратной линии

Данная схема применяется при недопустимо высоком давлении в обратной линии. Наиболее часто применяется на концевых участках, когда давление в обратке повышено, а перепад недостаточен. Насосы работают в режиме «подмешивание-подкачка», при этом снижается давление в обратной линии и увеличивается перепад между подающим и обратным трубопроводами. Регулятор подпора на обратной линии необходим при статическом режиме, когда насосы работают в качестве циркуляционных. В этом случае регуляторы давления на подающей и обратной линиях принудительно закрываются, и происходит отсечка абонентского ввода от тепловой сети. Для регулирования сниженного

давления в обратной линии на перемычке устанавливается дроссельный регулировочный клапан (ДК), с помощью которого регулируется коэффициент подмешивания.



При использовании насосного смешения на тепловых пунктах наряду с рабочим насосом необходимо устанавливать резервный. Кроме того, требуется повышенная надежность в электроснабжении, так как отключение насоса приводит к поступлению перегретой воды из тепловой сети в местную отопительную систему, что может привести к ее повреждению. В случае аварии в тепловой сети, чтобы сохранить воду в местной системе отопления дополнительно устанавливаются обратный клапан на подающей линии и регулятор давления на обратном трубопроводе.

Схемы с насосом и элеватором

Отмеченные недостатки устраняются в схемах с элеватором и центробежным насосом. В этом случае выход из строя центробежного насоса приводит к снижению коэффициента смешения элеватора, но не снизит его до нуля, как при чисто насосном смешении. Эти схемы применимы если разность напоров перед элеватором не может обеспечить необходимого коэффициента смешения, т.е. она меньше $10 \div 15$ м вод. ст., но больше 5 м вод. ст. В действующих тепловых сетях такие зоны обширны. Схемы позволяют вести ступенчатое температурное регулирование в зоне высоких температур наружного воздуха. Установка центробежного насоса с нормально работающим элеватором при включении насоса позволяет увеличить коэффициент смешения и снизить температуру воды, подаваемой в систему отопления.

Возможны 3 схемы включения насоса по отношению к элеватору:

Схема 1.

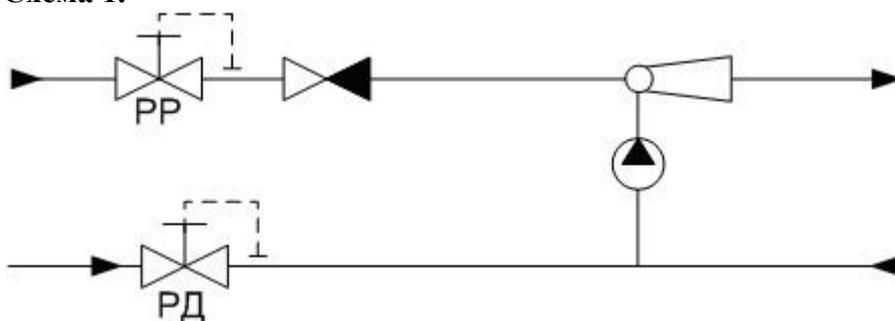
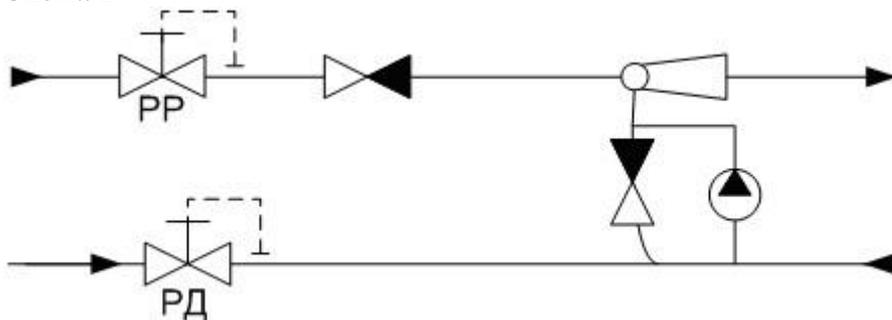


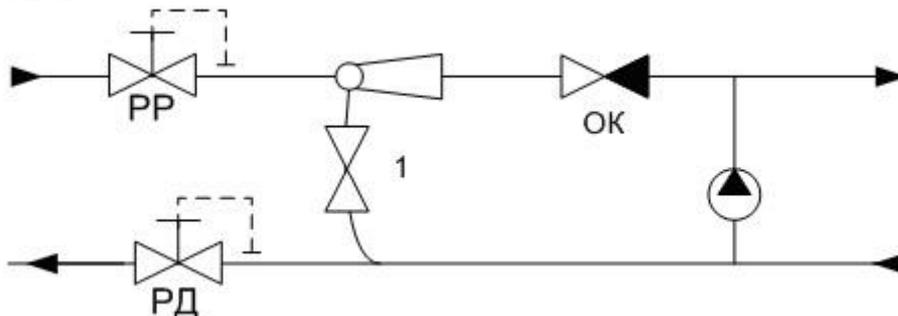
Схема 1 применяется, если потери напора в остановленном насосе невелики и не могут заметно снизить коэффициент смешения элеватора. Если это условие не выполняется, применяют схему 2.

Схема 2



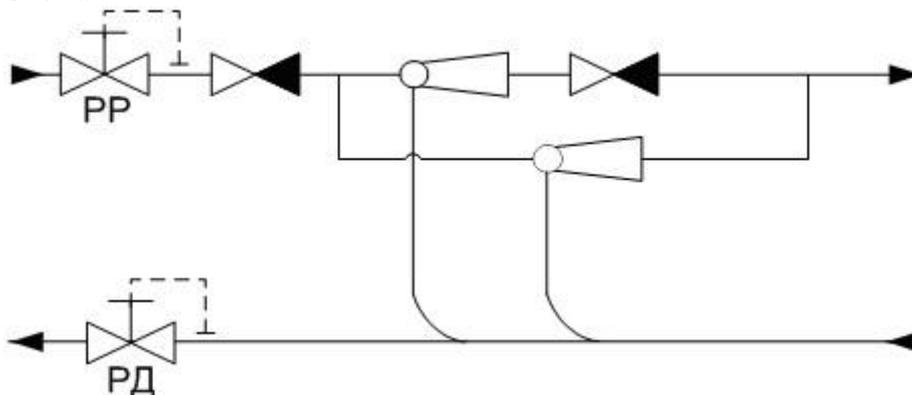
При малых перепадах давления необходимо прикрывать задвижку 1 в схеме 3.

Схема 3



Другой схемой, которая может обеспечить двухступенчатое регулирование в зоне высоких температур наружного воздуха, является схема с двумя элеваторами.

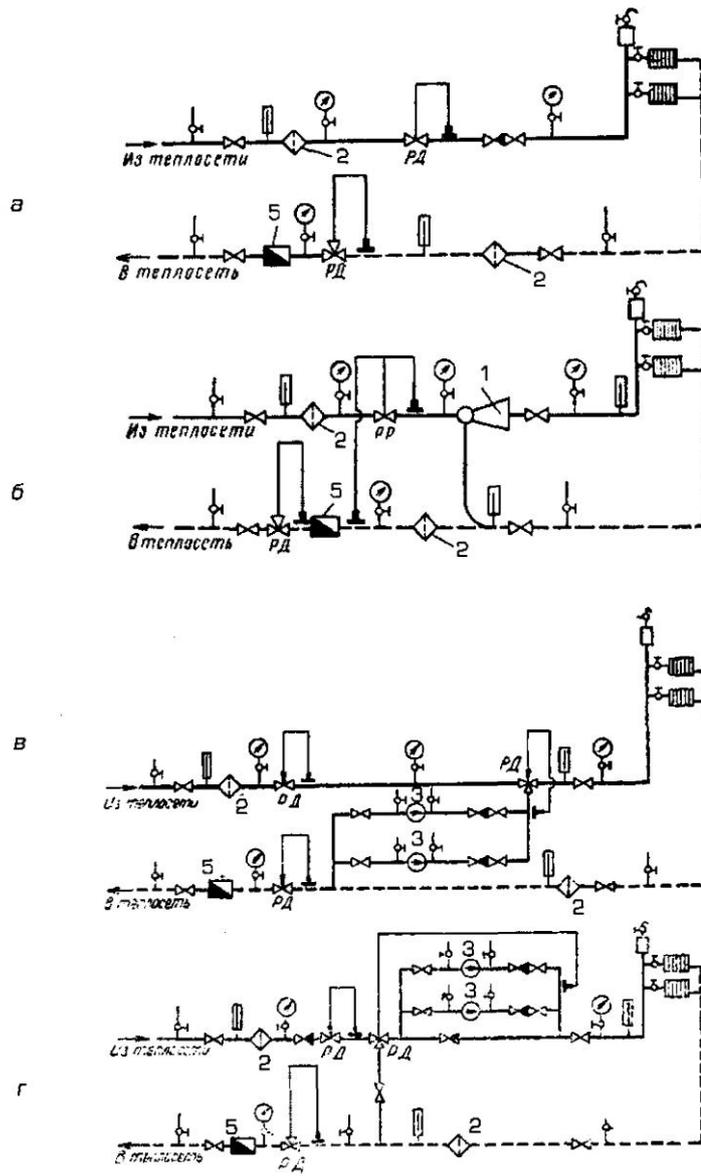
Схема 4



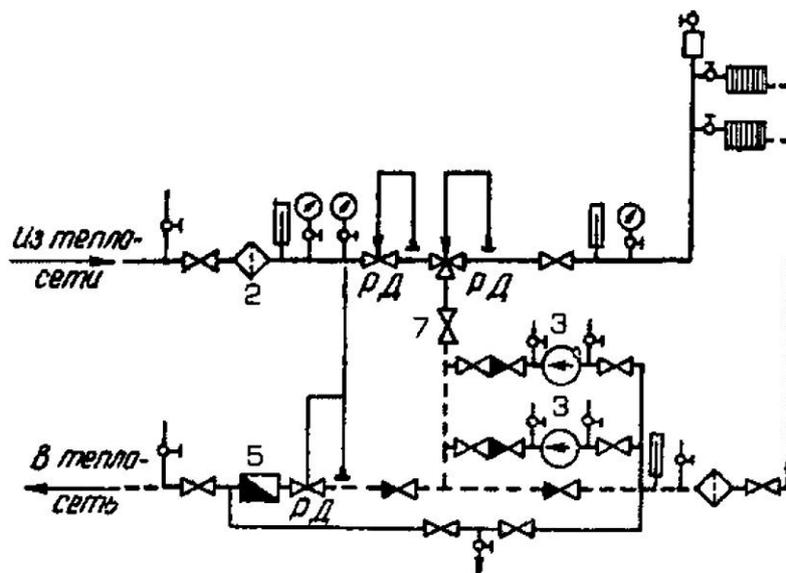
Отключение одного элеватора ведет к снижению расхода сетевой воды и повышению коэффициента смешения. Каждый элеватор может быть рассчитан на 50% расхода воды, либо один на 30-40%, а другой на 70-60%.

Разработаны элеваторы с регулируемым соплом. Путем введения иглы изменяется сечение сопла и соответственно коэффициент смешения. Это позволяет в теплый период снизить расход сетевой воды и увеличить коэффициент смешения, сохраняя постоянным расход в системе отопления. Как бы ни была совершенна конструкция элеватора, погрешность и маневренность при зависимом присоединении от этого не повысятся. В последние годы в связи с увеличением строительства зданий повышенной этажности растет использование независимых схем присоединения систем отопления через водяные подогреватели. Переход на независимые схемы позволяет широко применять автоматизацию и повысить надежность теплоснабжения. Целесообразно применять независимое присоединение систем отопления в сетях с непосредственным водоразбором, что позволяет ликвидировать основной недостаток этих систем, а именно, низкое качество воды, идущей на горячее водоснабжение.

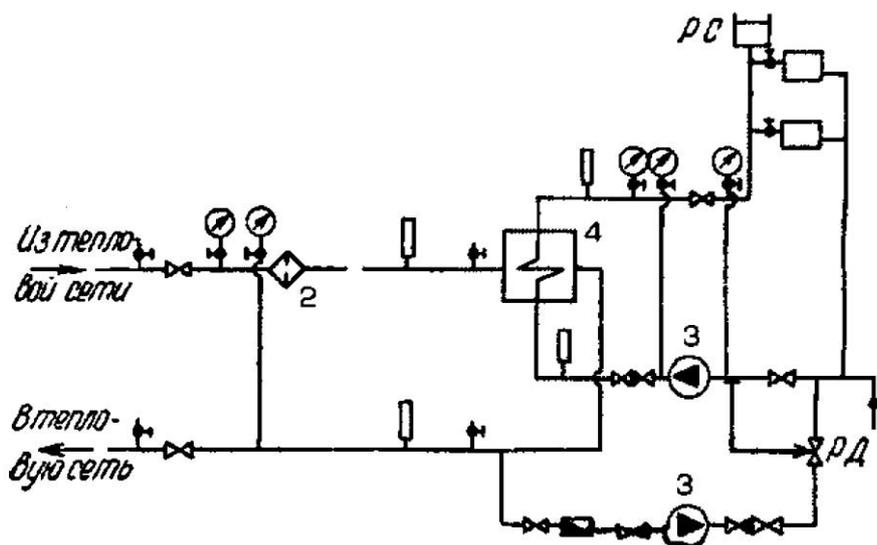
Схемы присоединения систем отопления к тепловой сети



д



е



*а — непосредственное; б — зависимое с помощью элеватора;
в — зависимое, с насосом на перемычке; г — то же с насосом на подающем трубопроводе системы отопления; д — то же, с насосом на обратном трубопроводе; е — независимое;*

*1 — элеватор; 2 — грязевик; 3 — насос; 4 — подогреватель; 5 — водомер;
РД — регулятор давления; РР — регулятор расхода; РС — расширительный бак*

Значения коэффициентов смешения в зависимости от расчетных температур тепловой сети в системе отопления приведены в таблице ниже.

Значения коэффициентов смешения

Расчетная температура в тепловой сети, °С	Расчетная температура в системе отопления, °С		
	105/170	95/70	85/170
150/70	1,29	2,2	4,3
130/70	0,72	1,4	3

120/70	0,43	1	2,34
115/70	0,3	0,8	2

Нормальная работа элеватора происходит при $H/h = 8-12$ (H — располагаемый напор на вводе; h — сопротивление системы отопления).

Контрольные вопросы:

1. Какие бывают системы отопления?
2. Перечислите достоинства и недостатки систем отопления?
3. По какой формуле определяют расчетный коэффициент смешения?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 13

Тема: Выполнение схемы присоединение систем горячего водоснабжения.

Цель работы: Выполнить схемы присоединения систем горячего водоснабжения.

Порядок выполнения работы:

1. Зарисуйте открытые и закрытые схемы горячего водоснабжения и их устройство.

Общие сведения.

Схемы присоединения систем горячего водоснабжения к тепловым сетям

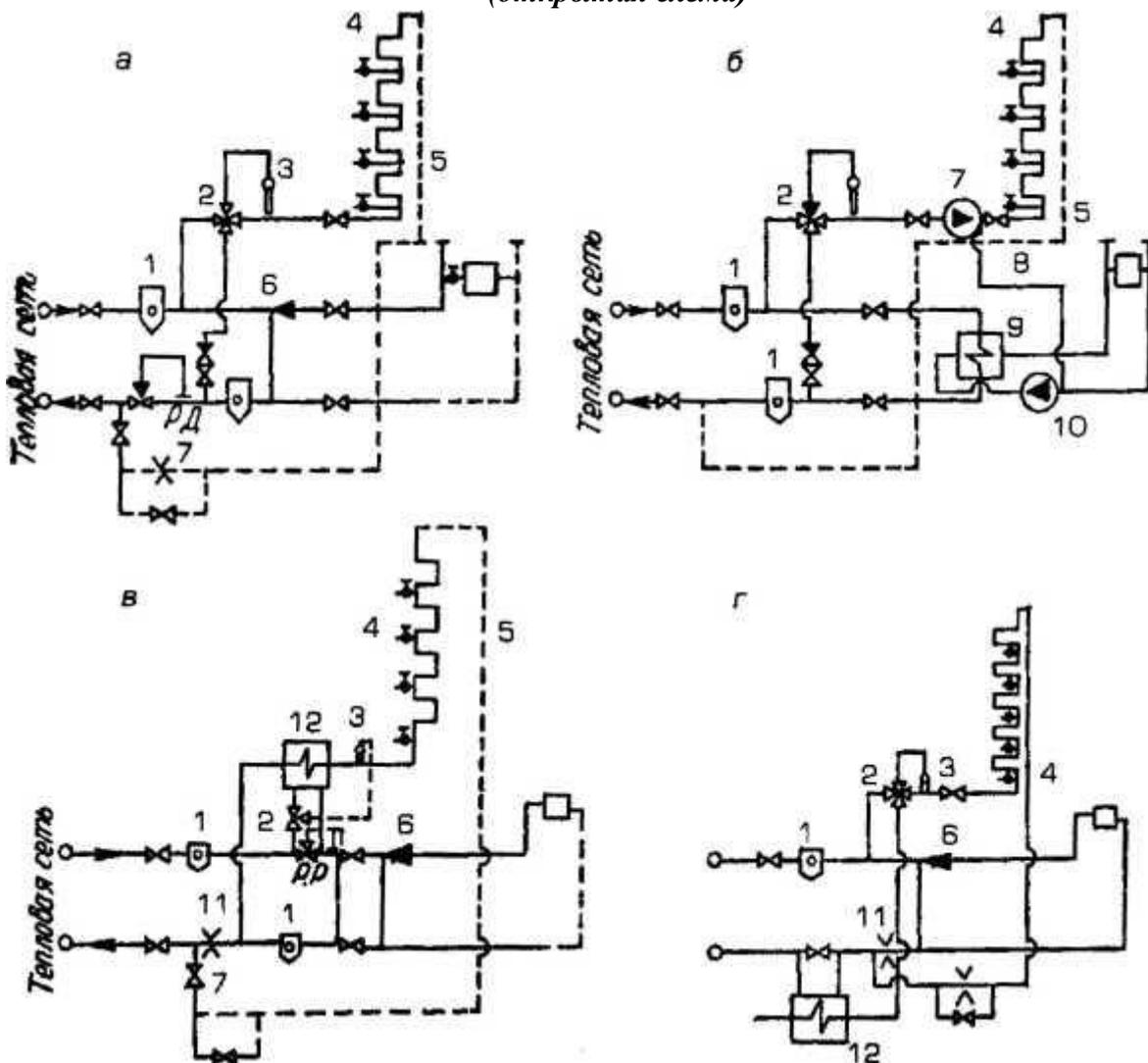
Системы горячего водоснабжения можно присоединять непосредственно (в открытых системах теплоснабжения) или независимо через водонагреватели (в закрытых системах теплоснабжения). Вид системы теплоснабжения (открытая или закрытая) определяется при проектировании, а выбор той или иной системы определяют технико-экономическими показателями.

Непосредственное присоединение к подающему и обратному трубопроводам (а). Горячая вода требуемой температуры подготавливается смешением ее с помощью терморегулятора из подающего и обратного трубопроводов. В терморегуляторе давление воды, поступающей из подающего трубопровода, дросселируется до давления обратного трубопровода (а ее количество зависит от температуры воды в обратном трубопроводе). В соответствии со СНиП 41-02-2003 "Тепловые сети" температуру нагреваемой воды на выходе водоподогревателя в систему горячего водоснабжения следует принимать равной 60 °С. Поэтому при температуре в обратном трубопроводе выше 60 °С вода полностью поступает из обратного трубопровода, а при температуре воды в нем ниже 60 °С — из обратного и подающего; при температуре воды в подающем трубопроводе, равной 60 °С, — полностью из него.

При независимом присоединении системы отопления (б) утечки восполняются из системы горячего водоснабжения после узла смещения. При давлении в обратном трубопроводе тепловой сети, недостаточном для подачи воды в систему горячего водоснабжения, устанавливают регулятор давления (подпора) при достаточном общем напоре или повысительный насос, который одновременно может являться циркуляционным.

Циркуляция может осуществляться с помощью дроссельных шайб, устанавливаемых на обратном трубопроводе отопительной системы (зимний режим) и на циркуляционном трубопроводе (летний режим). При наличии регулятора давления (подпора) дроссельную шайбу для зимнего режима не устанавливают.

**Непосредственное присоединение системы горячего водоснабжения
(открытая схема)**



- а — к подающему и обратному; б — к подающему и обратному трубопроводам при независимом присоединении системы отопления;
- в — к обратному трубопроводу; г — к подающему трубопроводу;
- 1 — грязевик; 2 — регулятор температуры смешанной воды; 3 — датчик температуры регулятора; 4 — водоразборный стояк;
- 5 — циркуляционный трубопровод; 6 — элеватор системы отопления; 7 — повысительно-циркуляционный насос;
- 8 — трубопровод подпиточной воды; 9 — водонагреватель отопления; 10 — циркуляционный насос системы отопления;
- 11 — дроссельная шайба; 12 — водонагреватель горячего водоснабжения; PP — регулятор расхода; PД — регулятор давления

Непосредственное присоединение к обратному трубопроводу показано на рис в. При значительном расходе воды на горячее водоснабжение, $p > 0,3$, систему горячего водоснабжения присоединяют только к обратному трубопроводу, а догрев воды до нормативной температуры производят в водонагревателе. Такое присоединение позволяет снизить разрегулировку системы отопления, так как величина водоразбора не будет влиять на расход воды в отопительной системе.

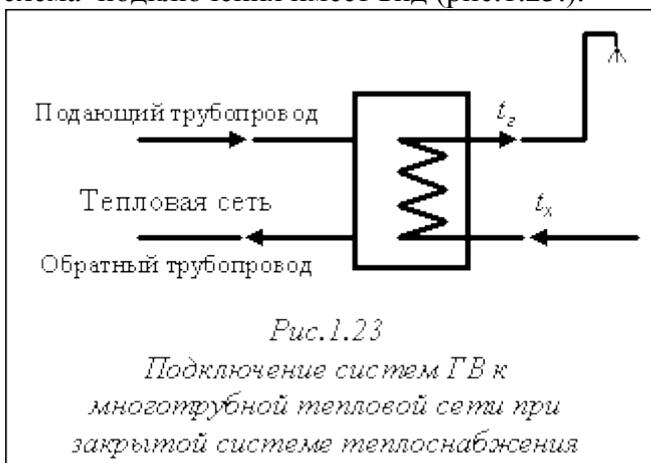
Непосредственное присоединение к подающему трубопроводу показано на рис. г. При таком присоединении часть воды забирается из городского водопровода, подогревается в водонагревателе, затем смешивается с помощью регулятора с водой, забираемой из подающего трубопровода сети. Назначение схемы — снизить расход воды на горячее

водоснабжение на ТЭЦ. Однако при этом теряется основное преимущество системы с непосредственным водоразбором — защита системы от внутренней коррозии. Добавка водопроводной воды вызовет коррозию системы горячего водоснабжения зданий. По этой причине систему горячего водоснабжения нельзя для обеспечения циркуляции в ней присоединить к обратному трубопроводу, так как это приведет к коррозии трубопроводов тепловой сети.

Независимое присоединение с включением водонагревателя горячего водоснабжения по параллельной схеме. Греющий теплоноситель (сетевая вода) разветвляется на два параллельных потока: один поступает в водонагреватель, другой — в систему отопления. Поэтому такое включение называют параллельным. Параллельная схема применяется при очень малых тепловых нагрузках горячего водоснабжения по отношению к отоплению ($p_m < 0,2$) или очень больших ($p > 1,0$).

Закрытые системы теплоснабжения

В закрытых системах вода на нужды ГВ получается нагревом холодной водопроводной воды в водонагревателях за счет теплоты сетевой воды. Если в многотрубной тепловой сети имеется отдельная пара трубопроводов для покрытия тепловой нагрузки ГВ, то схема подключения имеет вид (рис.1.23).



При подаче теплоты совместно на отопление, вентиляцию и ГВ различают три возможные схемы подключения ВП горячего водоснабжения:

- параллельную;
- двухступенчатую смешанную;
- двухступенчатую последовательную.

Выбор схемы подключения определяется относительной нагрузкой горячего водоснабжения (по отношению к расчетной отопительной нагрузке).

Если эта величина составляет

$$0,2 \geq \frac{Q_{гр}^h}{Q_p^o} \geq 1,0$$

то применяется параллельная схема (рис.1.24), когда поток сетевой воды на нужды ГВ параллелен потоку воды на отопление.

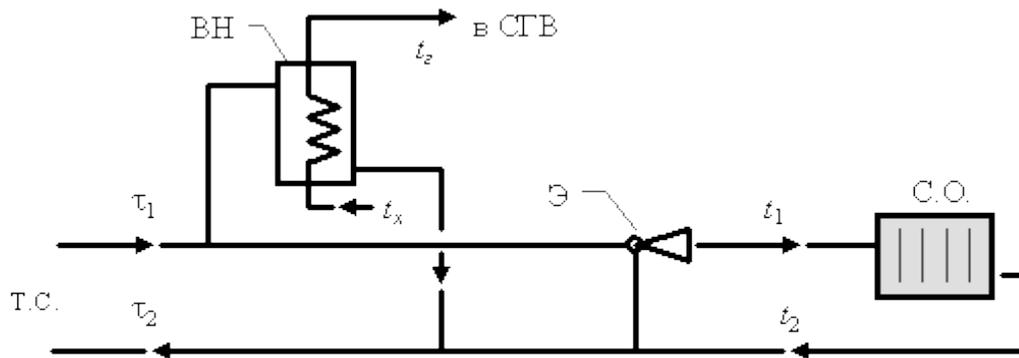


Рис. 1.24

Параллельная схема подключения водонагревателей ГВ к водяной тепловой сети при закрытой системе

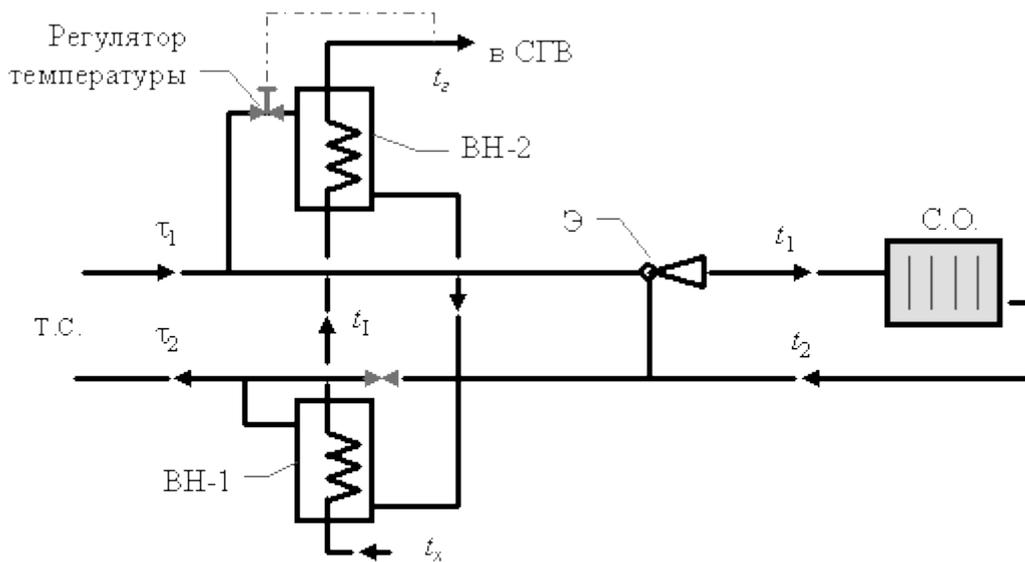


Рис. 1.25

Двухступенчатая смешанная схема подключения водонагревателей ГВ к водяной тепловой сети

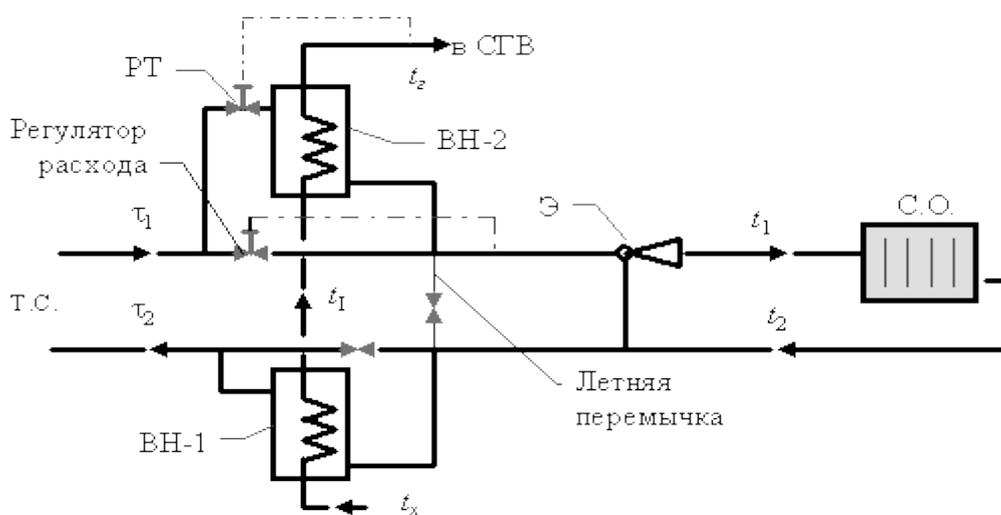


Рис. 1.26

Двухступенчатая последовательная схема подключения водонагревателей ГВ к водяной тепловой сети

Контрольные вопросы:

1. Какие бывают системы теплоснабжения?
2. Перечислите достоинства и недостатки систем теплоснабжения?
3. Как определяют выбор схемы подключения?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калюттик, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 14

Тема: Выполнение схемы присоединение систем тепловых пунктов

Цель работы: Выполнить схемы присоединения систем тепловых пунктов

Порядок выполнения работы:

1. Зарисуйте открытые и закрытые схемы горячего водоснабжения и опишите их устройство.

Общие сведения.

Индивидуальный тепловой пункт – важнейшая составляющая систем теплоснабжения зданий. От его характеристик во многом зависит регулирование систем отопления и ГВС, а также эффективность использования тепловой энергии. Поэтому тепловым пунктам уделяется большое внимание в ходе термомодернизаций зданий, масштабные проекты которых в ближайшем будущем планируется воплотить в жизнь в различных регионах Дома с ИТП Индивидуальный тепловой пункт (ИТП) — комплекс устройств, расположенный в обособленном помещении (как правило, в подвальном помещении), состоящий из элементов, обеспечивающих присоединение системы отопления и горячего водоснабжения к централизованной тепловой сети. По подающему трубопроводу осуществляется подача теплоносителя в здание. С помощью второго обратного трубопровода в котельную попадает уже охлажденный теплоноситель из системы. Температурный график работы тепловой сети определяет то, в каком режиме тепловой пункт будет работать в дальнейшем и какое оборудование необходимо в нем устанавливать. Различают несколько температурных графиков работы тепловой сети:

150/70°С;

130/70°С;

110/70°С;

95 (90)/70°С.

Если температура теплоносителя не превышает 95°С, то его остается только распределить по всей отопительной системе. В этом случае возможно применять только коллектор с балансировочными клапанами для гидравлической увязки циркуляционных колец. Если же температура теплоносителя превышает 95°С, то такой теплоноситель нельзя напрямую использовать в системе отопления без его температурной регулировки. Именно в этом и заключается важная функция теплового пункта. При этом необходимо, чтобы температура теплоносителя в системе отопления изменялась в зависимости от изменения температуры наружного воздуха.

В тепловых пунктах старого образца (рис. 1, 2) в качестве регулирующего устройства применялся элеваторный узел. Это позволяло существенно снизить стоимость оборудования, однако с помощью такого ТП было невозможно осуществлять точную регулировку температуры теплоносителя, особенно при переходных режимах работы системы. Элеваторный узел обеспечивал только «качественную» регулировку теплоносителя, когда температура в системе отопления изменяется в зависимости от температуры теплоносителя, приходящего от централизованной тепловой сети. Это приводило к тому, что «регулировка» температуры воздуха в помещениях производилась потребителями при помощи открытого окна и с огромными тепловыми затратами, уходящими в никуда.

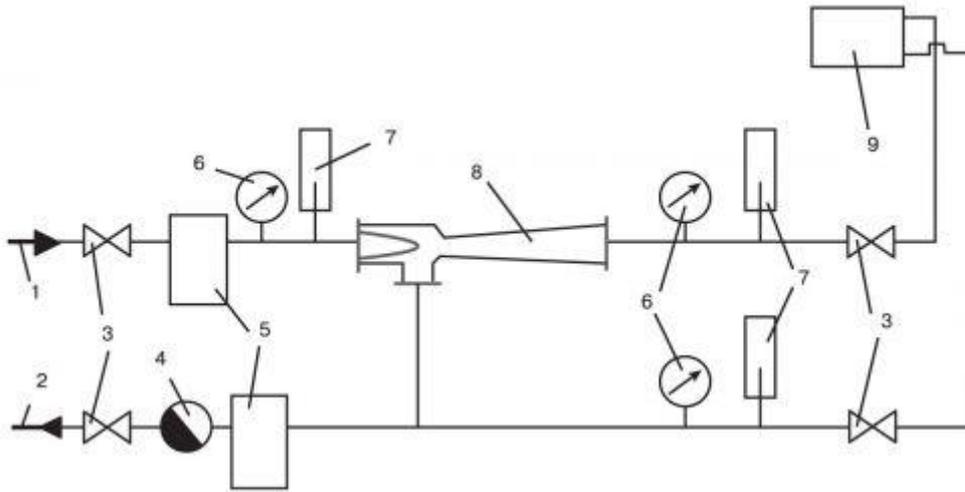


Рис. 1. Схема теплового пункта с элеваторным узлом:

1 – подающий трубопровод; 2 – обратный трубопровод; 3 – задвижки; 4 – водомер; 5 – грязевики; 6 – манометры; 7 – термометры; 8 – элеватор; 9 – нагревательные приборы системы отопления

Современные ИТП

Энергосбережение достигается, в частности, за счет регулирования температуры теплоносителя с учетом поправки на изменение температуры наружного воздуха. Для этих целей в каждом тепловом пункте применяют комплекс оборудования (рис. 4) для обеспечения необходимой циркуляции в системе отопления (**циркуляционные насосы**) и регулирования температуры теплоносителя (регулирующие клапаны с электрическими приводами, контроллеры с датчиками температуры).

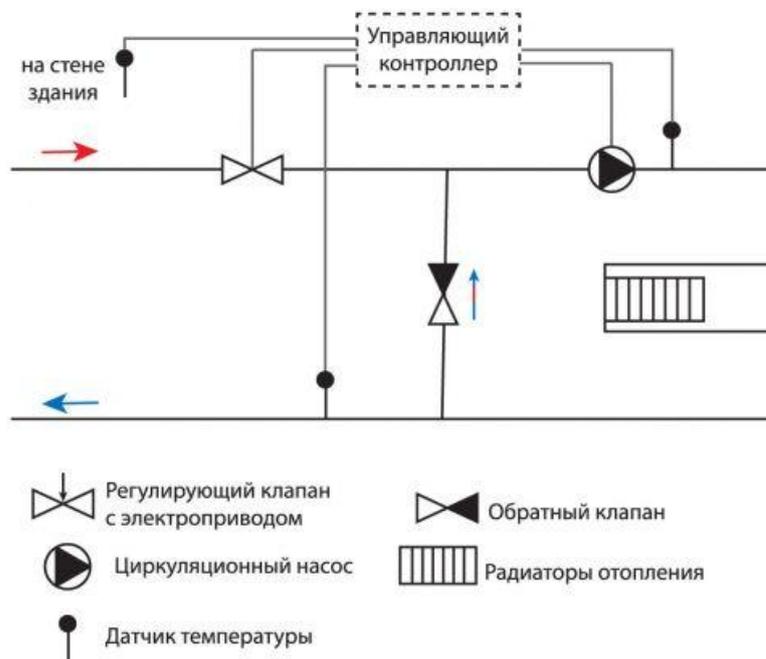


Рис. 4. Принципиальная схема индивидуального теплового пункта использованием контроллера, регулирующего клапана и циркуляционного насоса

Большинство тепловых пунктов имеет в своем составе также теплообменник для подключения к внутренней системе горячего водоснабжения (ГВС) с циркуляционным насосом.

В ИТП с зависимым присоединением системы отопления к внешним тепловым сетям циркуляция теплоносителя в отопительном контуре поддерживается циркуляционным насосом. Управление насосом осуществляется в автоматическом режиме от контроллера

или от соответствующего блока управления. Автоматическое поддержание необходимого температурного графика в отопительном контуре также осуществляется электронным регулятором. Контролер воздействует на регулирующий клапан, расположенный на подающем трубопроводе на стороне внешней тепловой сети («острой воде»). Между подающим и обратным трубопроводами установлена смесительная переключательная перемычка с обратным клапаном, за счет которой осуществляется подмес в подающий трубопровод из обратной линии теплоносителя, с более низкими температурными параметрами (рис. 6).

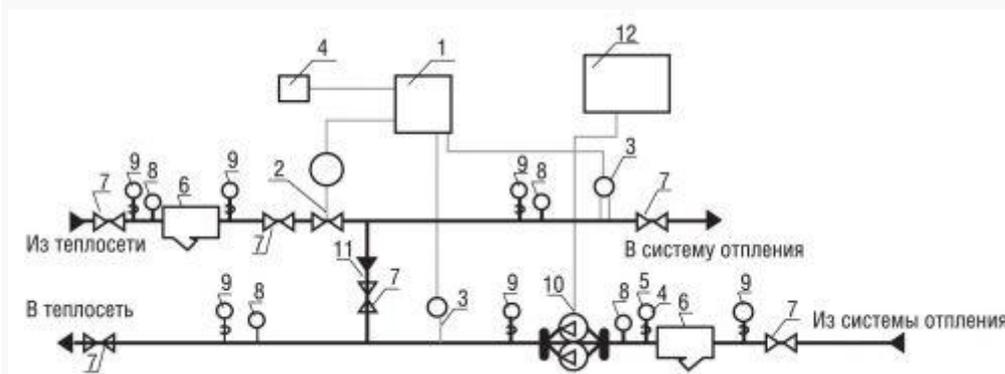


Рис. 6. Принципиальная схема модульного теплового пункта, подключенного по зависимой схеме:

1 – контроллер; 2 – двухходовой регулирующий клапан с электрическим приводом; 3 – датчики температуры теплоносителя; 4 – датчик температуры наружного воздуха; 5 – реле давления для защиты насосов от сухого хода; 6 – фильтры; 7 – задвижки; 8 – термометры; 9 – манометры; 10 – циркуляционные насосы системы отопления; 11 – обратный клапан; 12 – блок управления циркуляционными насосами

В данной схеме работа системы отопления зависит от давлений в центральной тепловой сети.

В независимой системе для присоединения к внешнему источнику тепла используется теплообменник (рис. 7). Циркуляция теплоносителя в системе отопления осуществляется циркуляционным насосом. Управление насосом производится в автоматическом режиме контролером или соответствующим блоком управления. Автоматическое поддержание необходимого температурного графика в нагреваемом контуре также осуществляется электронным регулятором. Контроллер воздействует на регулируемый клапан, расположенный на подающем трубопроводе на стороне внешней тепловой сети («острой воде»).

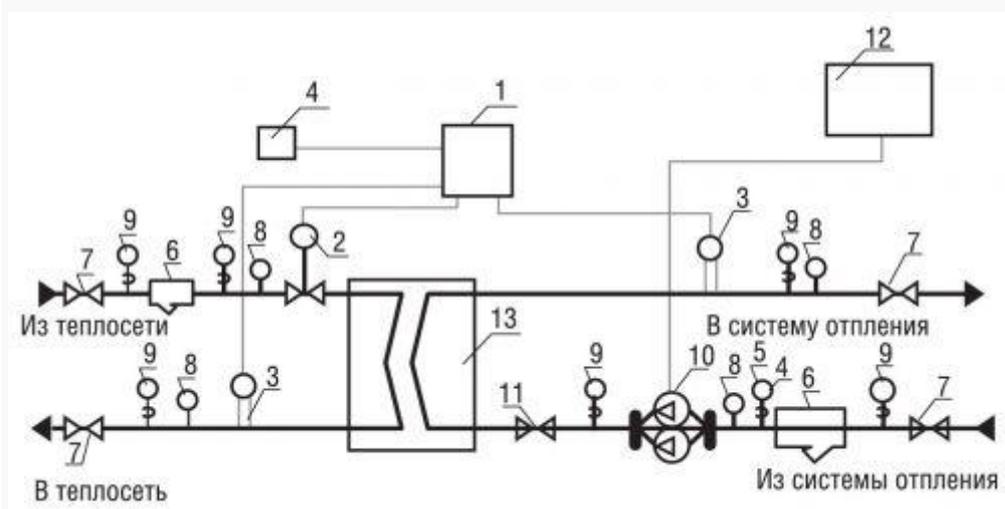


Рис. 7. Принципиальная схема модульного теплового пункта, подключенного по независимой схеме:

1 – контроллер; 2 – двухходовой регулирующий клапан с электрическим приводом; 3 – датчики температуры теплоносителя; 4 – датчик температуры наружного воздуха; 5 – реле давления для защиты насосов от сухого хода; 6 – фильтры; 7 – задвижки; 8 – термометры; 9 – манометры; 10 – циркуляционные насосы системы отопления; 11 – обратный клапан; 12 – блок управления циркуляционными насосами; 13 – теплообменник системы отопления

Достоинством данной схемы является то, что отопительный контур независим от гидравлических режимов централизованной тепловой сети.

Наиболее простой и распространенной является схема с одноступенчатым параллельным присоединением подогревателей горячего водоснабжения (рис. 9). Они присоединены к той же тепловой сети, что и системы отопления зданий. Вода, из наружной водопроводной сети подается в подогреватель ГВС. В нем она нагревается сетевой водой, поступающей из подающего трубопровода тепловой сети.

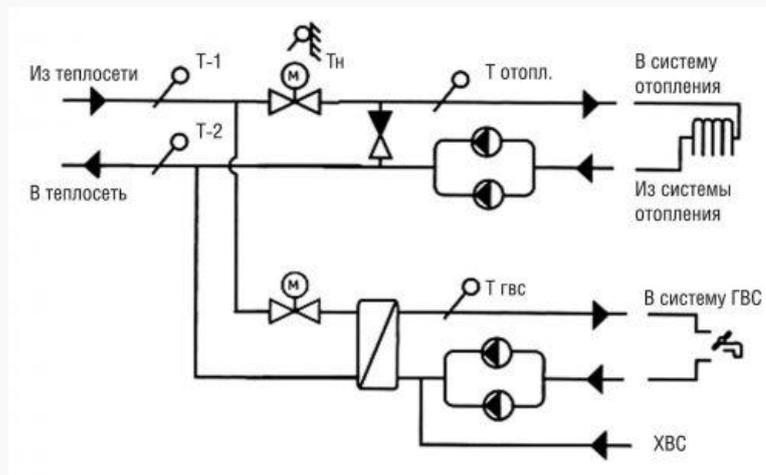


Рис. 9. Схема с зависимым присоединением системы отопления к тепловой сети и одноступенчатым параллельным присоединением теплообменника ГВС

Охлажденная сетевая вода подается в обратный трубопровод тепловой сети. После подогревателя горячего водоснабжения нагретая водопроводная вода подается в систему ГВС. Если приборы в этой системе закрыты (к примеру, в ночное время), то горячая вода по циркуляционному трубопроводу снова подается в подогреватель ГВС.

В летний период нагрев происходит по одноступенчатой схеме.

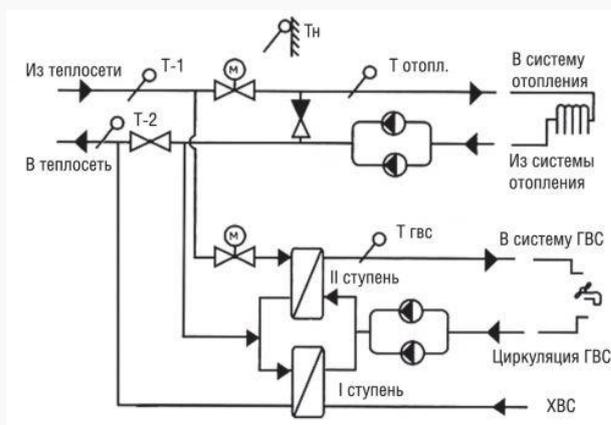


Рис. 10. Схема теплового пункта с зависимым присоединением системы отопления к тепловой сети и двухступенчатым нагревом воды

Контрольные вопросы:

1. Какие бывают системы тепловых пунктов?
2. Перечислите достоинства и недостатки систем тепловых пунктов?
3. Как определяют выбор схемы подключения?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 15

Тема: Характеристика технического отчета пусконаладочных работ

Цель работы: Изучить пункты технического отчета пусконаладочных работ

Порядок выполнения работы:

1. Дайте определение отчету.
2. Опишите пункты технического отчета.

Общие сведения

Технический отчет — обязательный документ, отражающий техническое состояние установленного оборудования.

Технический отчет должен содержать сведения чисто технического характера, которые представляют интерес на момент ввода наладиваемого объекта в эксплуатацию для оценки состояния оборудования, а также нормирование величины измерений, необходимых при повторных очередных и внеочередных эксплуатационных проверках оборудования, механизмов и автоматических устройств для сравнения полученных результатов.

Основной частью технического отчета являются **протоколы наладки и испытаний**. Протоколы заполняют на основании проведенных измерений в процессе проведения пусконаладочных работ лицами, выполняющими эти измерения, за их подписью.

Руководитель пусконаладочных работ на объекте несет полную ответственность за все работы, проводимые лично им и под его руководством, а также за достаточность измерений по протоколам и качество оформления технического отчета.

Независимо от назначения, величины и ведомственной принадлежности объектов, на которых проводились пусконаладочные работы, технический отчет составляют по **следующей форме и содержанию**:

1. Титульный лист.
2. Аннотация.
3. Протоколы измерений и испытаний оборудования, автоматических устройств, отдельных самостоятельных элементов, аппаратур управления, сигнализации и т. д. в такой последовательности:
 - технологическое оборудование;
 - электрическое оборудование;
 - прочие установки и аппараты.
4. Перечень контрольно-измерительных приборов, применяющихся при пусконаладочных работах, и комплексных испытательных устройств.
5. Внесенные изменения.
6. Заключение.
7. Приложения.

На титульном листе отразить данные предприятия и кто его составляет.

В аннотации отражают следующие сведения:

- наименование объектов пусконаладочных работ, его ведомственную принадлежность и место нахождения;
- краткую характеристику оборудования, участвующего в технологическом процессе, и его техническое состояние.

В пункте «Внесенные изменения*» дают сведения о принципиальных изменениях технологических и электрических схем проекта в процессе наладки.

В этом случае представляют протокол согласования внесенных изменений за подписью представителей заказчика и проектной организации.

Исправления мелких ошибок проекта и монтажа в данном пункте не отражаются.

В пункте «Заключение» дают общее заключение по налаженному оборудованию, рекомендации эксплуатационному персоналу по обслуживанию нового неосвоенного оборудования и меры безопасности при его эксплуатации.

В приложениях помещают:

- акт комплексного опробования механизмов;
- протокол согласования изменений проекта при условии наличия последних.

На всех экземплярах отчета должны быть подлинные подписи лиц, его утвердивших и подписавших. Подписи на титульном листе заверяют печатью пусконаладочного подразделения.

Технический отчет по котловому оборудованию включает в себя:

1. Введение;
2. Акт комплексного 72-х часового опробования котлов с автоматикой безопасности, регулирования и сигнализации и вспомогательного оборудования;
3. Программа проведения пусконаладочных работ;
4. График проведения пусконаладочных работ;
5. Паспортные данные котла и вспомогательного оборудования;
6. Основные компоненты котла;
7. Схема точек замеров котлов;
8. Сводная ведомость результатов режимной наладки котла;
9. Режимная карта котла;
10. Протокол проверки состава дымовых газов;
11. Инструкция по эксплуатации котлов;
12. Ведомость смонтированных приборов КИПиА;
13. Сведения о приборах, используемых при пуско-наладочных работах.

Контрольные вопросы:

1. Что называют техническим отчетом?
2. Перечислите достоинства и недостатки технического отчета?
3. Какие пункты содержит отчет?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 16

Тема: Составление технического отчета пусконаладочных работ

Цель работы: Составить технический отчет пусконаладочных работ

Порядок выполнения работы:

1. В электронном виде произвести описание работ по ТО.

Общие сведения.

Государственное бюджетное профессиональное
образовательное учреждение Самарской области
«Чапаевский химико-технологический техникум»

**Технический отчет
по испытанию и наладке оборудования**

узел учета тепловой энергии с узлом управления "Danfoss" в техникуме по адресу: г.
Чапаевск, ул. Железнодорожная 41

Договор № 109П-04-09 от 9 апреля 2019 г.
Дополнительное соглашение № 314П-09-09 г от 28 сентября 2019 г.

Директор

Дидык А.Н.

Исполнитель:

Инженер

Парамонов Ю.О.

Инженер

Ефиманов В.Г.

Чапаевск 2019 г.

Содержание технического отчета

№ п.п.	Наименование документа	Страница
1.	Содержание техотчета	2
2.	Введение. Программа пусконаладочных работ	3
3.	Общая часть	4
4.	Характеристики основного и вспомогательного оборудования установленного на объекте.	5
5.	Температурный график	8
6.	Результаты обследования состояния и режимов работы ИТП Жилого дома.	9
7.	Выводы и предложения	13
8.	Рекомендованные мероприятия по устранению недостатков в работе	14
9.	Список использованной литературы	14
10.	Приложения	15
№1	Программа проведения режимно-наладочных испытаний	16
№2	Мероприятия по устранению выявленных дефектов	17
№3	Отчет о суточных параметрах теплоснабжения с 20.10 по 15.11.09 г	18
№4	АКТ об окончании работ и выполнении договорных обязательств между МП РЭЖФ в г. Батайск и ООО предприятие "Энергостром "	20

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа выполнена предприятием "Энергостром" (Лицензия №ГС-3-61-01-27-0-6141002717-009680-1 от 14.02.2015 г. выдана Федеральным агентством по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству) бригадой под руководством инженера Парамонова Ю.О. в соответствии дополнительным соглашением № 314П-09-19 г от 28 сентября 2019 г. к договору № 109П-04-09 от 9 апреля 2019 г, в период с 1 ноября по 23 ноября 2019 г.

В отчете приведены результаты режимно-наладочных испытаний узла учета тепловой энергии с узлом управления "Danfoss" в в техникуме по адресу: г. Чапаевск, ул. Железнодорожная 41

Работы проводились по программе приложения №1 к проекту УУТЭиТ, согласованной Заказчиком. Программой предусматривалось проведение режимно-наладочных испытаний в 3 этапа.

1. Уточнение исходных данных и существующих нормативных показателей по условиям эксплуатации оборудования УУТЭиТ. Уточнение исходных данных и существующих нормативных показателей по условиям эксплуатации оборудования "Danfoss" системы ограничения температуры теплоносителя свыше 90 град. С и её регулировки в зависимости от погодных условий в системе отопления жилого многоквартирного дома.
2. Съём действительных параметров на действующем объекте. Контроль и корректировка режимов работы приборов УУТЭиТ и оборудования "Danfoss".
3. Обследование состояния системы отопления после включения в работу приборов учета и регуляторов температуры "Danfoss". Принятие решения о возможности расчетов с поставщиком за поставленную тепловую энергии по приборам учета тепловой энергии и теплоносителя. Анализ эффективности работы регуляторов "Danfoss", по полученным результатам, выдача рекомендаций по эксплуатации. Составление технического отчета о проделанной работе.

3. Общая часть.

Краткая техническая характеристика объекта.

Техникум 3-х этажный, кирпичный дом расположен по адресу: г. Чапаевск, ул. Железнодорожная 41

Проект теплоснабжения выполнен проектирующей организацией ООО "МостПС".
Проектом предусмотрено: замена разводки отопления из стальных труб на полипропиленовые, установка регулятора температуры теплоносителя свыше 90 град. С и её регулировки в зависимости от погодных условий.

- Проект УУТЭиТ выполнен проектирующей организацией ООО предприятие "Энергостром". Проектом предусмотрена установка теплосчетчика ТСК7 фирмы "Теплоком".
- Отклонений, отступлений от проектов монтажными организациями не выявлено.

Теплоснабжение дома осуществляется от ведомственной котельной принадлежащей ОАО «Резметкон».

В соответствии с ТУ выданными № 6899 от 19 декабря 2008 г, выданных ОАО «Резметкон» система отопления дома имеет следующие характеристики.

Давление в подающем трубопроводе отопления	6,0 кгс/см ²
Давление в обратном трубопроводе отопления	4,0 кгс/см ²
Располагаемый напор	2,0 кгс/см²

Расчетные температуры наружного воздуха для проектирования - отопление - 22 град. С
Расчетный температурный график работы тепловой сети - отопление 95-70 град. С.
Договорная тепловая нагрузка 0,0711 Гкал/час в т.ч на отопление
..... 0,0711 Гкал/час

Расчетный расход теплоносителя на отопление определяем по формуле:

$$G_{от} = \frac{Q_{o \max}}{C_p \times (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})} \times 1000 \text{ т/ч} \quad /\text{СП 41-101-95/}$$

где $Q_{o \max}$ - максимальный тепловой поток на отопление Гкал/час C_p - удельная теплоемкость (ккал/кг град) принимается равной 1.

$t_{\text{под}}$ - температура сетевой (греющей) воды в подающем трубопроводе тепловой сети в точке излома графика температуры воды, °С. $t_{\text{обр}}$ - то же, в обратном трубопроводе тепловой сети и после системы отопления зданий, °С.

$$G_{от} = \frac{0,0071 \times 1000}{95-70} = 2,844 \text{ т/ч}$$

с учетом плотности теплоносителя

$$G_{от \text{ пр.}} = 2,844 / 0,962 = 2,956 \text{ м}^3/\text{ч} \quad G_{от \text{ обр.}} = 2,844 / 0,9778 = 2,91 \text{ м}^3/\text{ч}$$

4. Характеристики основного и вспомогательного оборудования установленного на объекте.

Характеристики основного и вспомогательного оборудования установленного на объекте приведены в таблице №1.

Таблица №1

№	Вид оборудования и наименование параметров	Краткая характеристика
1	Вычислитель количества тепловой энергии ВКТ-7-01 -1 шт.	Производитель ЗАО "Теплоком" Учет, регистрации и дистанционный мониторинг теплопотребления и параметров теплоносителя в системе водяного теплоснабжения. Источник питания -литиевая батарея. Срок службы батареи 6 лет.
2	Преобразователи расхода ВПС2-ЧИ2-03-20 - 1 шт.	Производитель НПО "Промприбор" г. Калуга. Мин. измеряемый расход - 0,16 м ³ /час Макс. измеряемый расход - 4 м ³ /час Падение давления на расчетном расходе 3 м ³ в час - 0,025 кгс/см ² (см. график потерь рис. 1)
3	Комплект термометров сопротивлений КТСП-Н ГОСТ24831-03 L-60.	Диапазон измерения температуры 0-180 гр.С Диапазон измерения разностей температур.....0-150 град.С
4	Клапан регулирующие седельный проходной VS2, PN16, DN20, V-2,5 "Danfoss" 1-шт.	<ul style="list-style-type: none"> • условное давление: P_y = 16 бар; • характеристика регулирования: составная линейная; • разгружен по давлению; • регулируемая среда: вода или 30% водный раствор гликоля; • температура регулируемой среды T = 2–150 °С; • присоединение к трубопроводу: резьбовое. • перепад давления на клапане при расчетном расходе 3 м³ -более 1 кгс/см² (см. график потерь рис. 2)
5	Привод клапана регулирующего AMV - (20)	Напряжение питания - 220 V, ход штока - 12мм, режим работы - автоматический, ручной.
6	Погодный компенсатор серии ECL Comfort 200 в комплекте с пластиковой картой P30 - 1шт.	Регулятор одноканальный – управление клапаном или насосом системы отопления.
7	Датчики температуры погружные ESMU - 2шт	Датчик погружной, l = 100 мм (медь), 0.. +140 °С
8	Датчики температуры наружного воздуха ESMT - 1шт.	Датчик температуры наружного воздуха (-50 ... +50 °С)
9.	Насос циркуляции и смешения UPS 2540 220 V - 2шт.	3 скорость, расход 2,98 м ³ /час, H=1,36 м расход 1,05 м ³ /час, H=3,35 м

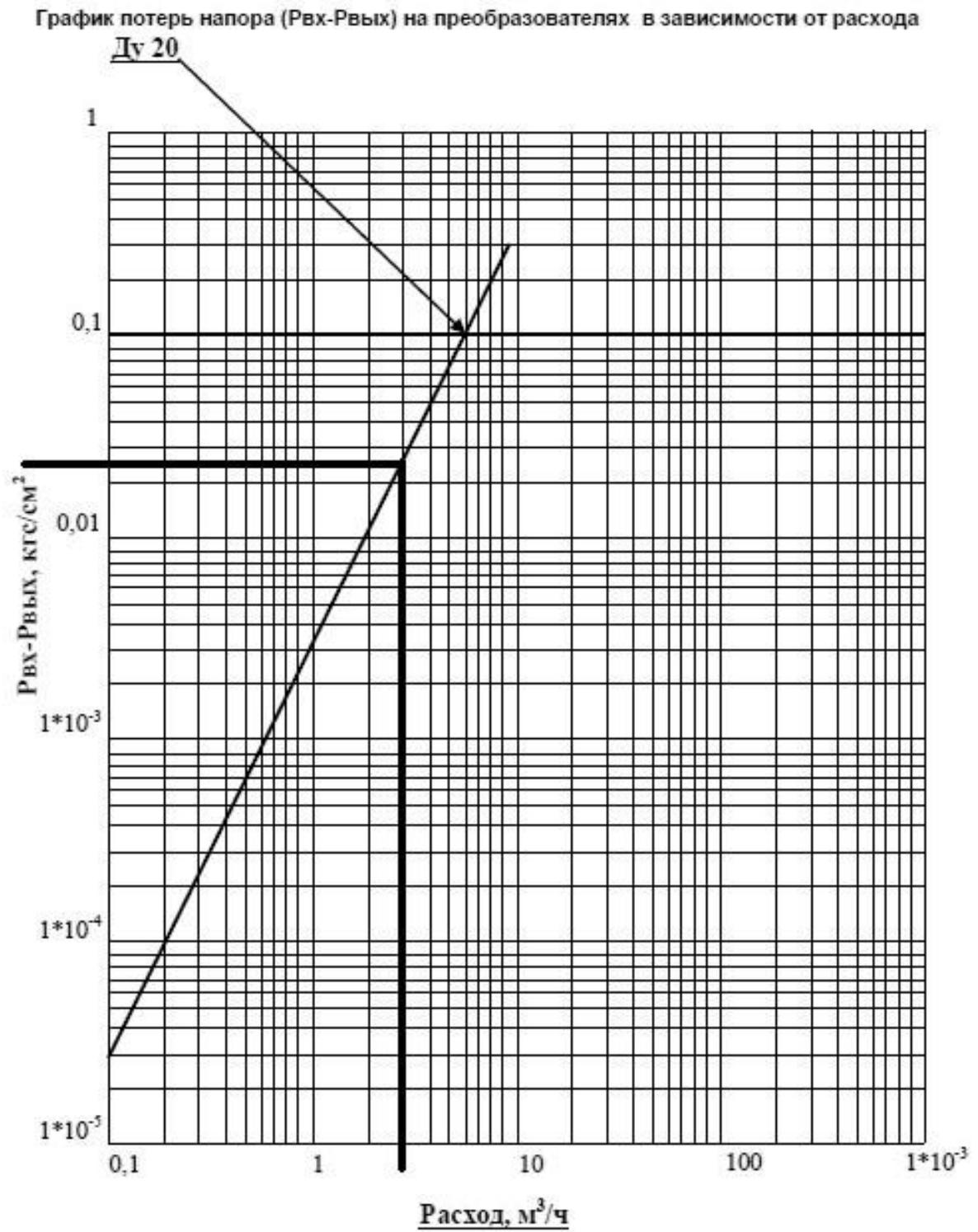


Рис 1.

График потерь напора ($P_{вх}-P_{вых}$) на клапанах регулирующих седельных проходных VS2 - VB2

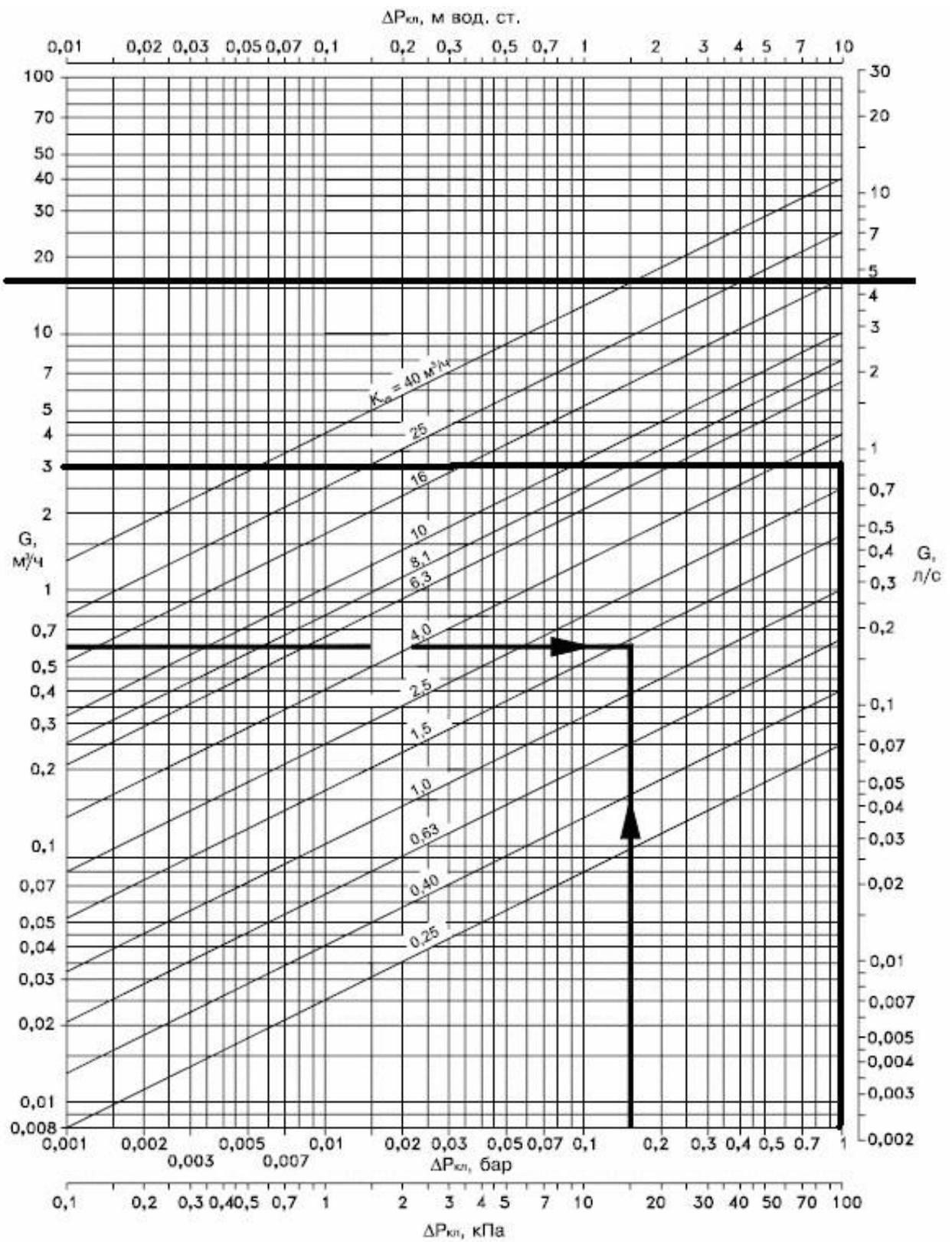


Рис. 2

5. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГРАФИК 95⁰ – 70⁰С
(отопление)

Наружная температура, °С	Температура в подающем трубопроводе, °С	Температура в обратном трубопроводе, °С	Количество тепловой энергии для отопления дома г. Чапаевск, ул. Железнодорожная 47 Гкал/час
8	42	35	0.01991
7	44	36	0.02275
6	45	37	0.02275
5	47	38	0.0256
4	49	39	0.02844
3	51	40	0.03128
2	52	42	0.02844
1	54	43	0.03128
0	56	44	0.03413
-1	58	45	0.03697
-2	60	46	0.03982
-3	62	48	0.03982
-4	63	49	0.03982
-5	65	50	0.04266
-6	67	51	0.0455
-7	68	52	0.0455
-8	70	53	0.04835
-9	72	55	0.04835
-10	74	56	0.05119
-11	75	57	0.05119
-12	77	58	0.05404
-13	79	59	0.05688
-14	81	60	0.05972
-15	83	61	0.06257
-16	83	63	0.05688
-17	86	64	0.06257
-18	88	65	0.06541
-19	90	66	0.06826
-20	92	68	0.06826
-21	94	69	0.0711
-22	95	70	0.0711

6. Результаты обследования состояния и режимов работы ИТП техникума.

Предварительные выводы из анализа установленного оборудования - неверный выбор регулирующего клапана, расчетный расход теплоносителя в системе отопления больше его максимальной пропускной способности.

Во время режимно-наладочных испытаний был произведен ряд замеров параметров теплоснабжения (давления, расхода, температуры) на входе, выходе ИТП, а также с предусмотренных проектом контрольных точек измерения. Съём параметров расхода и температуры производился штатными средствами ИТП. Для исключения влияния погрешности измерения давления замеры производились контрольным манометром МТИ с классом точности 0,6, предел измерений 6 кгс/см², срок госповерки 2 кв. 2019 г.

Результаты поэтапных измерений сведены в таблицы:

1. ИТП с полностью открытым регулятором смещения (клапан тип VS2, PN16, DN20, V-2,5 "Danfoss"), насос смещения тип UPS 25-40 220 V, установлен на обратном трубопроводе, отключен, открыт.

№	Наименование параметра, единица измерения, точка измерения.	Результат измерения	Комментарии
1	Давление на входе ИТП в соответствии с ТУ № 6899 от 19 декабря 2018 г, кгс/см²	6,0	
2	Давление на входе изм. ИТП, кгс/см ²	4,21	Не соответствует ТУ от № 6899 от 19 декабря 2018 г
3	Давление на входе ИТП в соответствии с ТУ № 6899 от 19 декабря 2018 г, кгс/см²	4,0	
4	Давление на выходе ИТП, кгс/см ²	4,05	Не соответствует ТУ № 6899 от 19 декабря 2018 г
5	Располагаемый напор в точке присоединения согласно ТУ поставщика услуг, кгс/см ²	2,0	
6	Действительный располагаемый напор в точке присоединения ИТП, кгс/см ²	0,16	Не соответствует ТУ № 6899 от 19 декабря 2018 г
7	Температура на улице, гр.С	6	
8	Температура подающий трубопровод согласно температурного графика, см.. рис 3	45	
9	Температура обратный трубопровод согласно температурного графика, см.. рис 3	37	
10	Температура на входе в ИТП, гр.С	46,0	Термометр БТ31 кл.т 2%.
11	Температура на выходе из ИТП, гр.С	35,0	Термометр БТ31 кл.т

			2%
12	Температура на входе в ИТП, гр.С	45,66	КТСП-г, ВКТ7, кл. т 0,5% Температура соответствует температурному графику.
13	Температура на выходе из ИТП, гр.С	34,92	КТСП-х, ВКТ7, кл. т 0,5% Температура отстает на 2 гр.С температурного графика.
14	Перепад температур в системе отопления, гр.С	10,7	ВКТ7
15	Расход теплоносителя подающий трубопровод, м ³ /час	0,87	ВЭПС20, ВКТ7
16	Расход теплоносителя обратный трубопровод, м ³ /час	не изм система с нагрузкой менее 0,1 Гкал в час	
17	Давление перед расходомером ВЭПС на подающем трубопроводе, кгс/см ²	4,2	
18	Давление после расходомера ВЭПС на подающем трубопроводе, кгс/см ²	4,19	
19	Перепад на расходомере ВЭПС, кгс/см ²	0,01	
20	Давление перед полностью открытым регулирующим клапаном VS2, кгс/см ²	4,19	
21	Перепад на клапане VS2, кгс/см ²	0,07	
22	Давление после полностью открытого регулирующего клапана VS2, кгс/см ²	4,11	
23	Перепад на системе отопления, кгс/см ²	0,06	
24	Давление на входе насосов циркуляции и смешения, кгс/см ²	4,05	
25	Давление на выходе насосов циркуляции и смешения	4,05	
26	Количество теплоты потребляемое домом. Гкал/час	0,00941	ВКТ7 Проектное 0,02275

2. ИТП с полностью открытым регулятором смещения (клапан тип VS2, PN16, DN20, V-2,5 "Danfoss"), насос смещения тип UPS 25-40 220 V, установлен на обратном трубопроводе, включен, открыт.

№	Наименование параметра, единица измерения, точка измерения.	Результат измерения	Комментарии
1	Давление на входе ИТП в соответствии с ТУ № 6899 от 19 декабря 2008 г, кгс/см ²	6,0	
2	Давление на входе изм. ИТП, кгс/см ²	4,21	Не соответствует ТУ от № 6899 от 19 декабря 2008

			г
3	Давление на входе ИТП в соответствии с ТУ № 6899 от 19 декабря 2008 г, кгс/см ²	4,0	
4	Давление на выходе ИТП, кгс/см ²	4,05	Не соответствует ТУ № 6899 от 19 декабря 2008 г
5	Располагаемый напор в точке присоединения согласно ТУ поставщика услуг, кгс/см ²	2,0	
6	Действительный располагаемый напор в точке присоединения ИТП, кгс/см ²	0,16	Не соответствует ТУ № 6899 от 19 декабря 2008 г
7	Температура на улице, гр.С	6	
8	Температура подающий трубопровод согласно температурного графика, см.. рис 3	45	
9	Температура обратный трубопровод согласно температурного графика, см.. рис 3	37	
10	Температура на входе в ИТП, гр.С	46,0	Термометр БТ31 кл.Т 2%.
11	Температура на выходе из ИТП, гр.С	35,0	Термометр БТ31 кл.Т 2%
12	Температура на входе в ИТП, гр.С	45,66	КТСП-г, ВКТ7, кл. т 0,5% Температура соответствует температурному графику.
13	Температура на выходе из ИТП, гр.С	35,40	КТСП-х, ВКТ7, кл. т 0,5% Температура отстает на 1,6 гр.С от температурного графика.
14	Перепад температур в системе отопления, гр.С	10,2	ВКТ7
15	Расход теплоносителя подающий трубопровод, м ³ /час	1,0286	ВЭПС20, ВКТ7
16	Расход теплоносителя обратный трубопровод, м ³ /час	не изм система с нагрузкой менее 0,1 Гкал в час	
17	Давление перед расходомером ВЭПС на подающем трубопроводе, кгс/см ²	4,2	
18	Давление после расходомера ВЭПС на подающем трубопроводе, кгс/см ²	4,19	
19	Перепад на расходомере ВЭПС, кгс/см ²	0,01	

20	Давление перед полностью открытым регулирующим клапаном VS2, кгс/см ²	4,19	
21	Перепад на клапане VS2, кгс/см ²	0,13	
22	Давление после полностью открытого регулирующего клапана VS2, кгс/см ²	4,06	
23	Перепад на системе отопления, кгс/см ²	0,01	
24	Давление на входе насосов циркуляции и смешения, кгс/см ²	4,05	
25	Давление на выходе насосов циркуляции и смешения	4,05	
26	Количество теплоты потребляемое домом. Гкал/час	0,0105	ВКТ7 Проектное 0,02275

3. ИТП в режиме регулирования температуры в зависимости от погодных условий, температура в помещении комфортная (соответствует 25 гр. С. - условно, датчик температура на улице), насос смещения тип UPS 25-40 220 V, установлен на обратном трубопроводе, включен, открыт.

№	Наименование параметра, единица измерения, точка измерения.	Результат измерения	Комментарии
1	Давление на входе ИТП в соответствии с ТУ № 6899 от 19 декабря 2008 г, кгс/см²	6,0	
2	Давление на входе изм. ИТП, кгс/см ²	4,21	Не соответствует ТУ от № 6899 от 19 декабря 2018 г
3	Давление на входе ИТП в соответствии с ТУ № 6899 от 19 декабря 2008 г, кгс/см²	4,0	
4	Давление на выходе ИТП, кгс/см ²	4,05	Не соответствует ТУ № 6899 от 19 декабря 2018 г
5	Располагаемый напор в точке присоединения согласно ТУ поставщика услуг, кгс/см ²	2,0	
6	Действительный располагаемый напор в точке присоединения ИТП, кгс/см ²	0,16	Не соответствует ТУ № 6899 от 19 декабря 2018 г
7	Температура на улице, гр.С	6	
8	Температура подающий трубопровод согласно температурного графика, см.. рис 3	45	
9	Температура обратный трубопровод согласно температурного графика, см.. рис 3	37	
10	Температура на входе в ИТП, гр.С	46,0	Термометр БТ31 кл.т 2%.
11	Температура на выходе из ИТП, гр.С	35,0	Термометр БТ31 кл.т 2%
12	Температура на входе в ИТП, гр.С	45,66	КТСП-г, ВКТ7, кл. т 0,5% Температура соответствует температурному графику.
13	Температура на выходе из ИТП, гр.С	35,40	КТСП-х, ВКТ7, кл. т 0,5% Температура отстает

			на 1,6 гр.С температур- ного графика.	от
14	Перепад температур в системе отопления, гр. С	10,2	ВКТ7	
15	Расход теплоносителя подающий трубопровод, м ³ /час	1,0286	ВЭПС20, ВКТ7	
16	Расход теплоносителя обратный трубопровод, м ³ /час	не изм система с нагрузкой менее 0,1 Гкал в час		
17	Давление перед расходомером ВЭПС на подающем трубопроводе, кгс/см ²	4,2		
18	Давление после расходомера ВЭПС на подающем трубопроводе, кгс/см ²	4,19		
19	Перепад на расходомере ВЭПС, кгс/см ²	0,01		
20	Давление перед полностью открытым регулирующим клапаном VS2, кгс/см ²	4,19		
21	Перепад на клапане VS2, кгс/см ²	0,13		
22	Давление после полностью открытого регулирующего клапана VS2, кгс/см ²	4,06		
23	Перепад на системе отопления, кгс/см ²	0,01		
24	Давление на входе насосов циркуляции и смешения, кгс/см ²	4,05		
25	Давление на выходе насосов циркуляции и смешения	4,05		
26	Количество теплоты потребляемое домом. Гкал/час	0,0105	ВКТ7 Проектное 0,02275	

4. Режим работы ЦТП поставщика тепловой энергии (ОАО "Резметкон")

№	Наименование параметра, единица измерения, точка измерения.	Результат измерения	Комментарии
1	Давление на выходе из ЦТП подающий трубопровод, кгс/см ²	4,4	не соотв. ТУ
2	Давление на выходе из ЦТП обратный трубопровод, кгс/см ²	4,0	не соотв. ТУ
3	Температура на выходе из ЦТП подающий трубопровод, гр. С	46	соотв. ТУ
4	Температура на выходе из ЦТП обратный трубопровод, гр. С	37,5	соотв. ТУ

7. ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Выводы:

1. Поставщик тепловой энергии не обеспечивает заданного напора перед ИТП заявленного в ТУ № 6899 от 19 декабря 2018 г.
2. Отсутствие распределения тепловой энергии между потребителями (отсутствие нормирующих шайб) приводит к нерациональному распределению тепловой энергии, перетоп одних потребителей, недополучение тепла другими.
3. Неверный выбор проектирующей организацией ООО "МостПС" регулирующего седельного проходного клапана VS2, PN16, DN20, V-2,5 "Danfoss".
4. В связи с отсутствием заданного напора перед ИТП невозможность использования системы регулирования и ограничения температуры предложенной проектной организацией ООО "МостПС".
5. Недополучение жильцами дома тепловой энергии по сравнению с расчетными более чем в 2 раза: при 6 гр. С
проектное - 0.02275 Гкал/час
действительное - 0,01052 Гкал/час
6. Узел учета тепловой энергии не оказывает влияние на систему отопления и может использоваться для коммерческого расчета за принятую тепловую энергию. Распечатка параметров теплоносителя с приборов учета см. Приложение 3.

8. Рекомендованные мероприятия по устранению недостатков в работе:

1. Ознакомление проектирующей организации ООО "Мост ПС" с результатами выполненных работ для принятия ими решение об изменении схемы ИТП.
2. До внесения изменений в схему ИТП исключение из работы регулирующего седельного проходного клапана VS2, PN16, DN20, V-2,5 "Danfoss" путем установки на нем обводной линии Ду не менее 40 (либо удаление клапана из схемы с установкой имитатора Ду 40.)

Внимание примененные в системе отопления трубы Pilsatherm с покрытием из алюминиевой фольги могут безопасно использоваться при давлении 10 бар для подачи жидкости температурой до 90°C.

3. Принятие решения о изыскание организации для проведения гидравлического расчета системы теплоснабжения жилых домов подключенных к ЦТП ОАО "Резметкон". Установка расчетных нормирующих шайб на жилые дома.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- *СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети»;*
- СП 41-101-95 Свод правил по проектированию тепловых пунктов;
- СНиП 2.04.02-89 «Общественные здания и сооружения»;
- Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок. Главгосэнергонадзор
02.04.2003 г.;
- Правила техники безопасности при эксплуатации теплотребляющих установок и тепловых сетей потребителей. Главгосэнергонадзор 7.05.92 г.;
- Закон Российской Федерации от 27.04.93 г. № 4871-1 «Об обеспечении единства средств измерений»;
- ПР 50.2.002-94 «ГСИ. Порядок осуществления Государственного метрологического надзора»;
- ГОСТ 21.602-2003 «Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования»;
- Правилами устройства электроустановок (ПУЭ).
- Правила учета тепловой энергии и теплоносителя, регистрационный № 954 от 25.09.95 г.;
- Методические указания по определению тепловых потерь в водяных и паровых тепловых сетях РД-34.09.255-97;

Директор МП РЭЖФ

Л. В. Рогова

« 1 » ноября 2009 г.

ПРОГРАММА

проведения режимно-наладочных испытаний

1. Подготовительные работы

Уточнение исходных данных и существующих нормативных показателей по условиям эксплуатации оборудования УУТЭиТ. Уточнение исходных данных и существующих нормативных показателей по условиям эксплуатации оборудования "Danfoss" системы ограничения температуры теплоносителя свыше 90 град. С и её регулировки в зависимости от погодных условий в системе отопления жилого многоквартирного дома.

2. Режимно-наладочные работы

Съем действительных параметров на действующем объекте. Контроль и корректировка режимов работы приборов УУТЭиТ и оборудования "Danfoss".

3. Обработка результатов испытаний

4. Обследование состояния системы отопления после включения в работу приборов учета и регуляторов температуры "Danfoss". Принятие решения о возможности расчетов с поставщиком за поставленную тепловую энергии по приборам учета тепловой энергии и теплоносителя. Анализ эффективности работы регуляторов "Danfoss", по полученным результатам, выдача рекомендаций по эксплуатации. Составление технического отчета о проделанной работе.

Инженер предприятия "Энергостром"

Парамонов Ю. О.

Объект в техникуме по адресу: г. Чапаевск, ул. Железнодорожная 41

МЕРОПРИЯТИЯ
по устранению выявленных дефектов

1. Ознакомление проектирующей организации ООО "Мост ПС" с результатами выполненных работ для принятия ими решение об изменении схемы ИТП.
2. До внесения изменений в схему ИТП исключение из работы регулирующего седельного проходного клапана VS2, PN16, DN20, V-2,5 "Danfoss" путем установки на нем обводной линии Ду не менее 40 (либо удаление клапана из схемы с установкой имитатора Ду 40.)
3. Установка терморегуляторов на батареях системы отопления строго по прилагаемой инструкции (расположить горизонтально).

Инженер предприятия "Энергостром"

Парамонов Ю.О.

ОТЧЕТ
о суточных параметрах теплоснабжения

за 20/10/09г.-

15/11/09г.

Абонент: _____

Договор N _____

Адрес: Ленина 215а

Тип расходомера: _____

Тепловычислитель ВКТ7 сет. N 1

Пределы измерений:

Договорные расходы:

G под max= 3.00 м3/ч G под min= 1.00 м3/ч

M сет. воды= _____ т.сут Mгвс= _____ т.сут G обр max= 3.00 м3/ч G обр min= 1.00 м3/ч

Тхв= 5.00 Град С

Заводской номер 00076623

ВВОД 1 СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ 3 ФТ=0 ТЗ=0

КС=0хDC4В ПО 2.7

Дата	t1	t2	dt	V1	M1	V2	M2	Mг	P1	P2	Qo	ВНР	ВОС	НС
	°С	°С	°С	м3	т	м3	т	т	кг/см2	кг/см2	Гкал	ч	ч	
20/10/09	----	----	----	0,00	----	0,00	----	----	7,00	7,00	----	0	24	*
21/10/09	----	----	----	0,00	----	0,00	----	----	7,00	7,00	----	0	24	*
22/10/09	15,03	16,04	-1,01	0,00	0,00	0,01	0,01	-0,01	7,00	7,00	0,000	9	15	*
23/10/09	14,38	14,15	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	7,00	0,000	24	0	*
24/10/09	13,21	13,04	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	7,00	0,000	24	0	*
25/10/09	12,76	12,68	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	7,00	0,000	25	0	*
26/10/09	9,90	7,16	2,74	0,00	0,00	3,39	3,39	-3,39	7,00	7,00	0,000	24	0	
27/10/09	9,36	7,91	1,45	0,00	0,00	2,76	2,76	-2,76	7,00	7,00	0,000	24	0	*
28/10/09	13,41	24,50	-11,09	0,00	0,00	5,30	5,29	-5,29	7,00	7,00	0,000	24	0	*
29/10/09	20,41	34,86	-14,45	0,00	0,00	6,47	6,42	-6,42	7,00	7,00	0,000	24	0	*
30/10/09	47,70	35,72	11,98	0,00	0,00	24,20	23,96	-23,96	7,00	7,00	0,000	24	0	
31/10/09	47,17	35,41	11,76	0,00	0,00	23,19	22,95	-22,95	7,00	7,00	0,000	24	0	
01/11/09	48,60	35,89	12,71	0,00	0,00	23,12	22,88	-22,88	7,00	7,00	0,000	24	0	
02/11/09	49,14	36,12	13,02	12,59	12,46	10,37	10,27	2,19	7,00	7,00	0,168	24	0	
03/11/09	55,13	39,15	15,98	23,65	23,41	0,00	0,00	23,41	7,00	7,00	0,373	24	0	
04/11/09	56,14	39,96	16,18	23,60	23,36	0,00	0,00	23,36	7,00	7,00	0,379	24	0	
05/11/09	52,75	38,11	14,64	23,64	23,40	0,00	0,00	23,40	7,00	7,00	0,343	24	0	
06/11/09	46,55	31,16	15,39	17,48	17,32	0,00	0,00	17,32	7,00	7,00	0,188	24	0	
07/11/09	46,35	38,14	8,21	19,89	19,68	0,00	0,00	19,68	7,00	7,00	0,118	24	0	

08/11/09	46,98	38,17	8,81	23,31	23,07	0,00	0,00	23,07	7,00	7,00	0,206	24	0	
09/11/09	47,74	36,03	11,71	23,16	22,92	0,00	0,00	22,92	7,00	7,00	0,262	24	0	
10/11/09	36,79	22,85	13,94	12,52	12,43	0,00	0,00	12,43	5,62	4,70	0,100	24	0	
11/11/09	14,34	13,67	0,67	2,87	2,87	0,00	0,00	2,87	4,00	2,00	0,005	24	0	*
12/11/09	15,33	13,21	2,12	2,13	2,13	0,00	0,00	2,13	4,00	2,00	0,004	24	0	
13/11/09	15,33	13,41	1,92	1,41	1,41	0,00	0,00	1,41	4,00	2,00	0,002	24	0	*

14/11/09	14,70	13,02	1,68	5,31	5,31	0,00	0,00	5,31	4,00	2,00	0,009	24	0	*
15/11/09	13,10	11,22	1,88	1,11	1,11	0,00	0,00	1,11	4,00	2,00	0,002	24	0	*
Итого:				192,67	190,88	98,81	97,93	92,95			2,159	586	63	*
Средние:	30,49	24,86	5,63						6,39	5,99				

Дата	V1	M1	V2	M2	Mг	Qo	ВНР	ВОС
	м3	т	м3	т	т	Гкал	ч	ч
19/10/0924:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	1	1163
15/11/0924:00	192,67	190,88	98,81	97,93	92,95	2,159	587	1226
Итого:	192,67	190,88	98,81	97,93	92,95	2,159	586	63

Период нормальной работы 586ч

Период отсутств.счета тепл.энергии 63ч

Время работы прибора после сброса 1822ч

Представитель абонента

Представитель теплоснабж.организации

Объект: в техникуме по адресу: г. Чапаевск, ул. Железнодорожная 41

АКТ

об окончании работ и выполнении договорных обязательств между МП РЭЖФ в г. Чапаевск и ООО предприятие "Энергостром".

" 23 " ноября 2009 г.

г. Чапаевск, Самарской области

Настоящий акт составлен представителем Заказчика в лице директора Роговой Л. В, с одной стороны и представителем предприятия "Энергостром" инженером Парамоновым Ю.О. с другой стороны о том, что режимно-наладочные испытания на узле учета тепловой энергии с узлом управления "Danfoss" в в техникуме по адресу: г. Чапаевск, ул. Железнодорожная 41, предусмотренные договором № 109П-04-09 от 9 апреля 2019 г. с дополнительным соглашением к нему № 314П-09-09 г от 28 сентября 2019 г закончены в полном объеме.

По выполненным работам Заказчик претензий не имеет, действие договора исчерпано с "24" "ноября" 2019г.

ЗАКАЗЧИК

ПОДРЯДЧИК

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 17

Тема: Заполнение технического отчета пусконаладочных работ

Цель работы: Заполнить технический отчет пусконаладочных работ

Порядок выполнения работы:

1. Заполнить акты ТО.

Приложение 3

**График
пуско-наладочных работ по КИП и А.**

«УТВЕРЖДАЮ»

(подпись)

«___» _____ 2018 г.

Объект: котельная по адресу:

<i>Начало работ: «_____» 2018 г. № п/п</i>	<i>Наименование работ</i>	<i>Срок выполненных работ (дата)</i>	<i>Исполнитель (ф.и.о.)</i>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Исполнитель:

инженер

КИПА

(должность, подпись, Ф.И.О.)

Начальник котельной

(подпись)

АКТ
На приёмку оборудования в наладку

« ____ » _____ 2018 г.

Объект: котельная № _____ - по адресу: _____

Мы нижеподписавшиеся, начальник участка _____ и начальник наладочного участка _____ - составили настоящий акт в том, что монтажный персонал сдал, а наладочный персонал принял в наладку:

1-н водогрейный котел фирмы Wiseman типа Vitoplex 200 SX2A (зав. №9080080875), мощностью 560 кВт, оборудованного газовой горелкой фирмы Weishaupt типа WM-G10/3-A/ZM, автоматику безопасности и регулирования DUNGS в составе газовой горелки, сигнализатор оксида углерода типа RGD COO MPI, сигнализатор природного газа типа RGD MET MPI с выносными датчиками и общекотельную автоматику.

Тип котлов и автоматики

Монтажные работы начаты _____
и окончены _____

При приёмке оборудования в наладку установлено:

Оборудование соответствует рабочему проекту _____, разработанному _____

Оборудование смонтировано и передано в наладку согласно ведомости смонтированных приборов и средств автоматизации.

Дефекты при наружном осмотре оборудования не обнаружены.

Заключение о пригодности оборудования к производству наладочных работ:

Оборудование смонтировано комплектно, согласно проекту, и пригодно к проведению пусконаладочных работ.

Примечание: Дефекты обнаруженные при ревизии, наладке и испытании оборудования, подлежат актированию особо.

Начальник участка _____

Начальник наладочного участка _____

“Утверждаю”

Технический директор – главный инженер
ОП ОАО МКС “Наноэнерго”

И.К. Неваляев

_____ 2017 г.

Режимная карта
водогрейного котла “Megarex N 150” уст.№2
в котельной школы и детского сада села “Прохоровское”

Наименование параметра	Единицы измерения	Величина	
		Малое горение 30 %	Большое горение 95%
Теплопроизводительность по расходу газа,			
Расход воды через котёл			
Температура воды: на выходе котла			
на входе котла			
Давление воды на выходе котла			
Марка топлива: Природный газ			
Низшая теплота сгорания			
Давление газа в опуске у котла			
Давление газа на выходе стабилизатора			
Расход газа			
Температура дутьевого воздуха			
Температура уходящих газов			
Состав уходящих газов			
кислород O ₂			
монооксид углерода CO			
углекислый газ CO ₂			
Коэффициент избытка воздуха			
Потери тепла			
с уходящими газами			
с химнедожогом			
в окружающую среду			
Кпд котла брутто			
Удельный расход условного топлива			

Примечание:

1. Режимная карта составлена при низшей теплоте сгорания топлива 8800 Ккал/м³
2. Теплопроизводительность определена на основании показаний счетчика газа .

Составил: представитель «Подрядчика» _____
инженер-наладчик _____

Ознакомлен: представитель службы эксплуатации _____

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, Техническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 18

Тема: Составление проекта котельной установки.

Цель работы: Составить проект котельной установки.

Порядок выполнения работы:

1. Дайте описание проекту котельной в частном доме.
2. Перечислите виды оборудования.
3. Опишите, каких правил нужно придерживаться при установке и проектировании твердотопливных котлов.
4. Опишите, требования, которые должны быть соблюдены при проекте частной котельной

Общие сведения

Для того чтобы начать проектирование своего собственного частного дома, Вы должны обязательно продумать все до мелочей. Тем более нужно продумать, как сделать проект котельной для частного дома. Ведь это обязательный элемент для того, чтобы создать комфортную жизнь. Конечно же, особо рассчитывать на то, что котельная будет выглядеть по подобию дому не нужно. Все правила строго регламентированы, поэтому фантазии здесь разгуливать особо негде.

Но это не значит, что к проектированию оборудования не требуется прикладывать никаких сил. Из-за халатного отношения к данному проекту можно нажить себе множество проблем – от пожара до внушительных штрафов. А кому это нужно?

Для снабжения горячей воды в частном доме также требуется сначала сделать проект котельной. Все расчеты должны быть соблюдены. Это довольно-таки кропотливая работа, но зато, потом Вы не будете иметь никаких проблем с системой отопления и нагреванием воды для всей семьи.

Как выбрать правильную мощность и тип оборудования

Размеры будущей котельной в одноэтажном доме зависят от того, на каком топливе будет работать котел и какая у него будет мощность. Если котел, например, небольшого размера, то его можно установить и на кухне.

Так какие же существуют типы оборудования для отопления:

- **Газовое оборудование.** Удобный и недорогой способ утеплить одноэтажный дом.
- **Твердотопливные котлы.** Они работают, в основном, на дровах.
- **Электрические котлы.** Это самый дорогой вариант, но зато самый безопасный. Поэтому, если у Вас есть дети, то проектирование котельной в частном доме с электрическим оборудованием – это самое верное решение.

Почему газовые котлы являются самыми популярным в использовании для проекта котельной в частном доме? Ну, во-первых, такой агрегат стоит сравнительно недорого и легок в эксплуатации. А во-вторых, совсем не обязательным является для данного оборудования построение котельной. Но минусы тоже есть. Природный газ – это взрывоопасное вещество, поэтому службы, которые отвечают за работу оборудования, выставляют ряд строгих требований к хозяевам. Все правила проектирования установки должны быть соблюдены.

Если котел имеет 30 кВт мощности, то его можно установить и на кухне. Но нужно учитывать то, что проект на площадь кухни должен быть не менее чем 15 м². Высота потолков должна быть как минимум 2,5 м. Также на кухне должна хорошо работать вентиляция (наличие форточек, воздухозаборных отверстий в нижних частях дверей и т. д.).

Лучшим вариантом на установления газовых котлов будет стена, которая за проектом изначально сделана из негорючих материалов. Дизайн можно придумать любой, чтобы

все смотрелось гармонично. Если котел напольный, то тогда подложка тоже должна быть с негорючих материалов. И, желательно, чтобы она выступала как минимум на 15 см по бокам.

Котлы с мощностью более 30 кВт требуют проектирования котельной в частном доме.

Проект такой котельной может быть как в отдельном помещении, так и в подвале или на любом из этажей.

Внутри оборудование должно быть выложено из керамической плиты. Это негорючий и безопасный материал.

Каких правил нужно придерживаться при установке и проектировании твердотопливных котлов

Такое оборудование для отопления считается не взрывоопасным, поэтому для его установления не требуется соблюдать столько правил, но все же, хоть несколько, но они тоже есть:

- Перед проектированием отдельной котельной необходимо подобрать то место, в которое Вы с легкостью будете добираться за считанные секунды. Ведь ходить туда надо будет довольно-таки часто (нужно постоянно закидывать дрова или уголь).
- От котла до стены должно в котельной должно быть расстояние не менее 12 см.
- Если стены помещения для отопления сделаны из быстро воспламеняемых материалов, то тогда их придется обшить стальными листами во избежание пожара.
- Пол возле топки также должен быть покрыт стальным листом.
- При проекте домов с котельной необходимо сделать хорошую вентиляционную систему. Наличие водопровода и канализации в частной котельной на твердом топливе обязательно. Площадь котельной должна быть не менее 10 м². Для агрегатов на угле электропроводка должны быть скрытая, так как угольная пыль – это взрывоопасное вещество. Если при проектировании были упущены моменты с вентиляционной системой, то есть она плохо работает, то тогда вероятность пожара возрастает, так как минимальное количество газа все равно выходит из топки.

Электрические котлы являются самыми безопасными агрегатами для жизни. Для их установки подойдет любое помещение – будь то кухня или отдельный этаж (смотря какая мощность у котла). Чтобы котел отлично дополнял дизайн Вашего дома, можно сделать для него проект котельной.

Можно или нельзя устанавливать котельные в подвале или на чердаке дома

Таким вопросом задаются люди, которые планируют делать проект дома с котельной. На него можно ответить категорично – можно. Единственное исключение – это система газоснабжения на сниженном углеводородном газе, который добывается из нефти.

Раньше проектирование котельных в подвале или на цокольном этаже дома было запрещено как раз из-за использования большей массой людей сниженного углеводородного газа. После того, как в проект пошли газовые, электрические и твердотопливные котлы, такой запрет перестал существовать. **Чердаки и подвалы домов могут вмещать в себя котловые агрегаты до 200 кВт мощности.**

Проект будущей котельной нужно составить заранее и согласовать проект в специализированных местах, чтобы потом не платить большой штраф за какую-то мелочь. А то возможен такой вариант, когда Вы придете, например, в газовую инспекцию и будете требовать разрешение на установку оборудования (без проектирования), но оно уже у Вас дома стоит, тогда Вас могут шантажировать, чтобы содрать как можно больше денег. Ведь работники же знают, что Вы отдадите им ту сумму, которую Вы скажете – это все равно обойдется дешевле, чем построить котельную и сделать ее проект заново.

Требования, которые должны быть соблюдены при проекте частной котельной

Как уже говорилось ранее, котельную можно построить отдельно от дома, а можно и поместить ее в самом доме (чердак или подвал).

В любом случае при проектировании должны быть соблюдены все ниже описанные параметры:

- Высота потолков должна быть не ниже, чем 2 м. лучше, когда 2,5 - 3 м.
- Ни в коем случае нельзя устанавливать оборудование в жилых комнатах. Оно должно быть изолировано от жильцов в доме.
- Если у Вас будет стоять несколько котлов (очень большой дом), то тогда следует принимать во внимание, что каждый котел должен иметь свою площадь. И эта площадь – 4 м².
- Для того чтобы в случае чего удобно было подступиться к котлу со всех сторон, необходимо обеспечить свободный доступ к нему со всех его сторон. При проектировании нужно все эти детали учитывать.
- Наличие окна/окон обязательно.
- Двери не должны быть уже, чем 80 см.
- Обшивка и пол должны быть сделаны из негорючих материалов. При проекте одноэтажных домов с котельной это нужно учитывать.
- Все двери, которые там будут, должны иметь вентиляционное отверстие для того, чтобы газы не задерживались внутри помещения.
- Посторонние лица и дети не должны попадать в отопительное помещение, так как это чревато плохими последствиями.

При установке оборудования для отопления в одноэтажном доме необходимо придерживаться тех самых правил. Дизайн оборудования, конечно же, не будет в тиле хай-тек, но все равно помещение можно сделать красивым и даже уютным. Существует множество видов керамической плитки, которая способна из любой «дыры» сделать красоту.

При постройке отдельной частной котельной, дизайн Вашего жилища можно сделать идеальным без проблем, так как не надо будет прятать некрасивые трубы, или устанавливать на кухне или в другой комнате оборудование для отопления. Проектирование идей заранее поможет Вам воплотить свою мечту с дизайном и оформлением жилища, а также избежать всех проблем. Тем более что со сделанным заранее проектом оборудования, Вы не будете платить штраф газовым учреждениям.

Контрольные вопросы:

1. Как лучше спланировать котельную в частном доме?
2. Какими преимуществами обладает частная котельная?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
- 2.Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
- 3.Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К.Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
- 6.Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.:Энергия, 1982, 360 страниц.

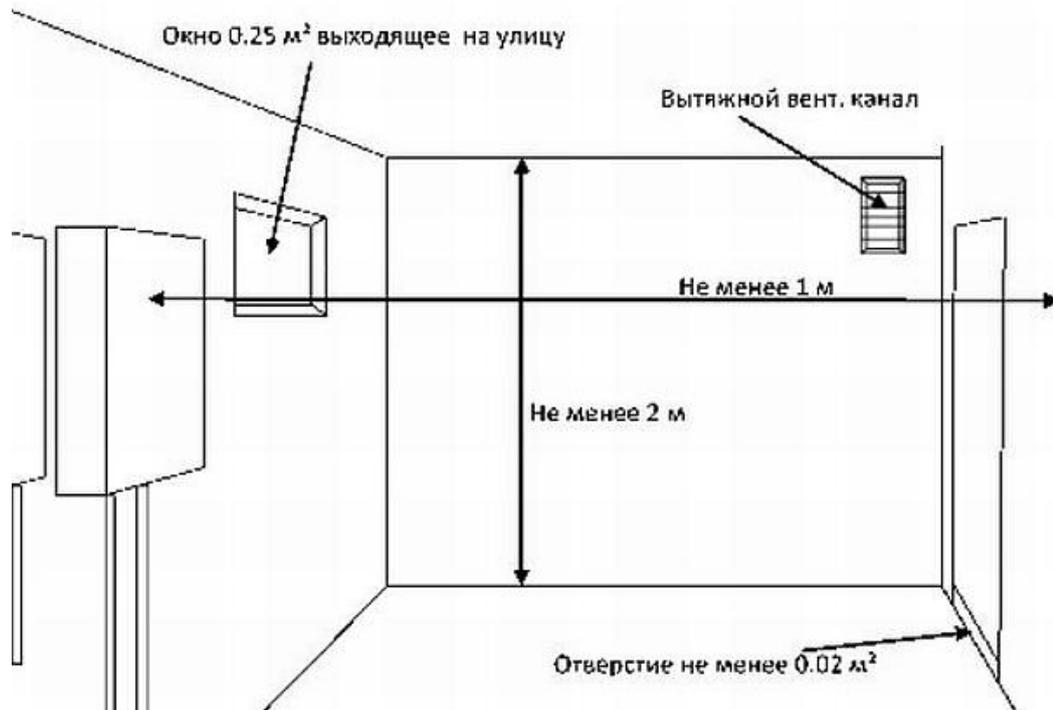
Практическое занятие № 19

Тема: Выполнение проекта котельной установки

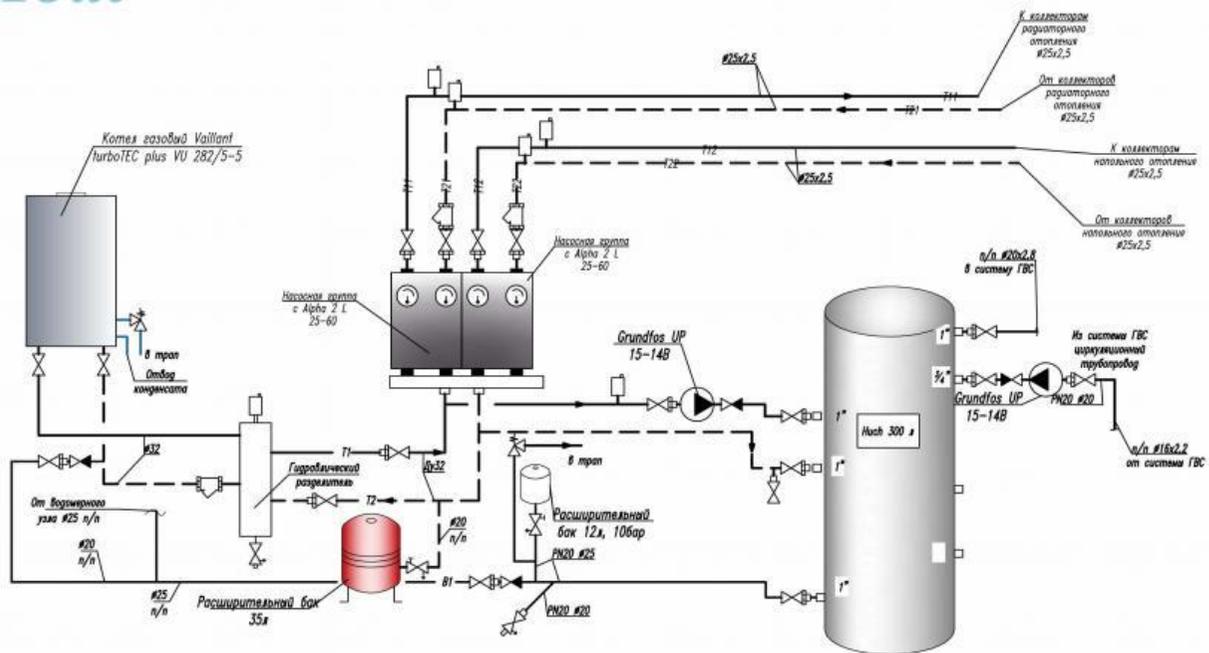
Цель работы: Выполнить проект котельной установки

Порядок выполнения работы:

1. Зарисовать схемы котельных.



Принципиальная схема мини-котельной



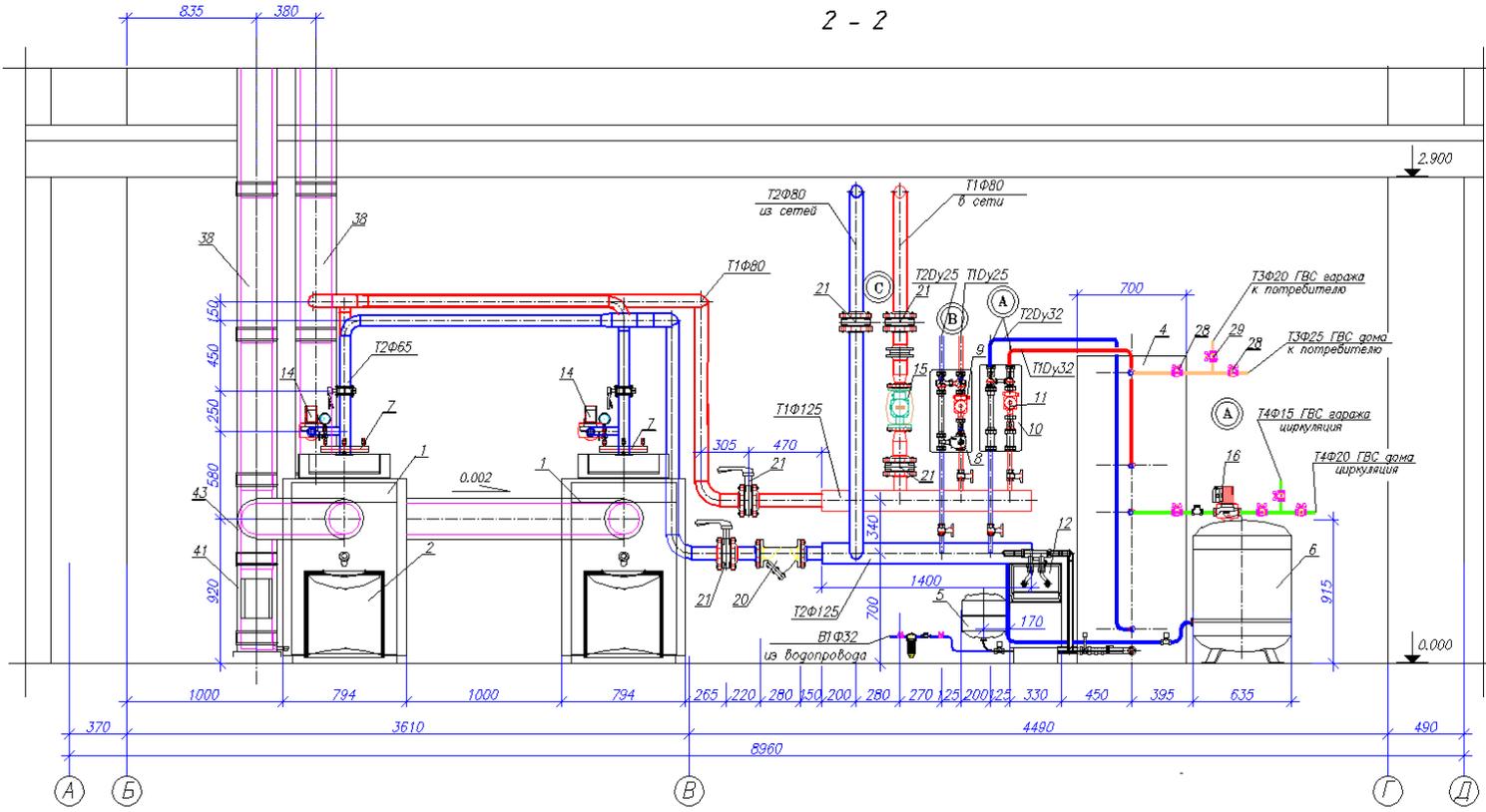
Условные обозначения

Обозначение	Наименование		
	- Кран шаровый		- Кран "Экран-Сеп"
	- Кран обратный		- Фильтр сетчатый муфтабый
	- Термоманометр		- Воздухоотборщик
	- Кран дренажный		- Насос
	- Кран предохранительный		

Изм.	Кол.уч.	Лист	Издок.	Подпись	Дата
Разработчик					
Принципиальная схема котельной.					

Страна	Лист	Листов
С	13	

2 - 2



- Прим.:
1. Трубопроводы крепить к стенам и перекрытиям хомутами и на кронштейнах. Крепление и тепловая изоляция условно не показаны.
 2. Регулятор и модуль управления отопительных контуров установить на стене в удобном месте возле систем, которые обслуживаются.
 3. Воздухоотводчики и спускные краны установить по месту.
 4. Обвязка котельной выполнена стальной трубой.
 5. На чертеже указаны диаметры условного прохода трубопроводов.

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Котельная	Стенда	Лист	Листов
	Р	4	7
План котельной. Разрез 1-1			



Контрольные вопросы:

1. Как лучше спланировать котельную в частном доме?
2. Какими преимуществами обладает частная котельная?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 20

Составление поузловой проверки и приёмки котельной установки

Цель работы: Изучить поузловую проверку и приёмку котельной установки

Порядок выполнения работы:

1. Опишите этапы пусконаладочных работ.
2. Опишите, чем занимается узловая бригада.
3. Опишите этапы поузловой проверки.
4. Опишите этапы холодной наладки функционального узла.

Общие сведения

I. Выполнение пусконаладочных работ

1. Подготовительный этап.
2. Предмонтажная ревизия и проверка оборудования: машин и механизмов, аппаратов, арматуры, средств управления и представления информации.
3. Поэлементная приемка из монтажа и индивидуальные испытания оборудования.
4. Поузловая приемка из индивидуальных испытаний (включая необходимый контроль полноты и качества монтажа) оборудования функциональных узлов.
Позуловая приемка служит для проверки готовности всей разновидности оборудования узла к поузловой наладке на момент ее начала.
5. Позуловая пусковая (в дальнейшем «пусковая») наладка функциональных узлов на неработающем оборудовании (холодная наладка) и их опробование под нагрузкой. Сдача функциональных узлов из пусковой наладки в режим эксплуатации, в проверку строительно-монтажной готовности и в поузловую комплексную наладку на работающем оборудовании.
6. Опробование блока (или отдельного котлоагрегата, турбоагрегата) с синхронизацией (или без нее для отдельного котлоагрегата) и набором нагрузки для проверки его полной строительно-монтажной готовности.
7. Позуловая комплексная (в дальнейшем «комплексная») наладка и испытания функциональных узлов, включая подсистемы АСУ ТП и оперативный контур блочного щита управления для отработки режимов оборудования. Опытная эксплуатация функционально-технологических узлов, включая систему контроля и управления, выявление и устранение дефектов, передача функциональных узлов в промышленную эксплуатацию. Проведение комплексного опробования блока (установки).
8. Приемка блока (установки) в эксплуатацию государственной комиссией с проведением необходимых испытаний энергооборудования и с оформлением соответствующего акта.

II. Предусматривается два принципиально различных вида организации пусконаладочных работ на оборудовании:

- работы, ведущиеся специалистами одной профессии (теплотехники, электрики, специалисты АСУ ТП и т.д.), скомплектованными в бригады и выполняющими наладочные операции практически независимо от специалистов других профессий;
- работы, ведущиеся комплексными поузловыми бригадами (в дальнейшем «узловыми бригадами»). В каждую узловую бригаду входят работники всех профессий, необходимых для наладки данного функционально-технологического узла.

2.1. Первый вид организации работ применяется:

- при предмонтажной ревизии, проверке, поэлементной приемке из монтажа и индивидуальных испытаниях оборудования;

- на начальной стадии комплексной наладки узлов, когда целесообразно проводить первоначальное обеспечение надежности работы оборудования в проектном объеме отдельно по его видам.

2.2. Начиная с этапа поузловой приемки из индивидуального опробования и до приемки блока (установки) государственной комиссией (за исключением начальной стадии комплексной наладки) ПНР проводится силами узловых бригад и организуются комплексными рабочими подкомиссиями.

2.3. Узловая бригада организуется решением комплексной рабочей подкомиссии во время индивидуальных испытаний оборудования из числа ведущих специалистов организаций, выполняющих монтажные и наладочные работы на данном функциональном узле по договорам: для выполнения пусконаладочных работ узловой бригаде могут дополнительно придаваться работники из состава монтажных и наладочных организаций.

Узловая бригада возглавляется бригадиром, назначаемым из числа высококвалифицированных специалистов ведущей наладочной организации по узлу, заказчика, научно-исследовательской организации или завода-изготовителя оборудования.

Бригадиры узловых бригад, а в необходимых случаях и весь состав узловой бригады, назначаются приказом заказчика или (при сдаче объекта «под ключ») генподрядчика.

Бригадир узловой бригады и подчиненная ему бригада могут выполнять пусконаладочные работы на двух и более функциональных узлах.

2.4. Комплексная рабочая подкомиссия включает в свой состав работников всех специальностей, необходимых для организации и приемки работ на узле.

В состав комплексных рабочих подкомиссий включаются: бригадиры соответствующих бригад; представители заказчика, заводов-изготовителей оборудования, генпроектировщика, генподрядчика, тепломонтажной, электромонтажной, ведущей наладочной и научно-исследовательских организаций. Представителей выделяют руководители производственных подразделений соответствующих организаций по заявке председателя комплексной рабочей подкомиссии.

Председатели комплексных рабочих подкомиссий назначаются приказом заказчика или при сдаче объектов «под ключ» приказом генподрядчика из числа опытных и компетентных специалистов заказчика или (по согласованию с руководством) ведущих наладочных организаций по данному узлу, научно-исследовательских организаций, а также заводов-изготовителей оборудования. Один и тот же специалист может назначаться председателем двух и более комплексных рабочих подкомиссий.

Председатель комплексной рабочей подкомиссии является членом рабочей комиссии.

Назначение председателей и создание комплексных рабочих подкомиссий производится в период индивидуальных испытаний оборудования.

До организации рабочей комиссии заказчик может образовывать цеховые комиссии для приемки помещений, оборудования и пр.

3. Содержание работ по этапам выполнения и руководство работами.

3.1. Организация производства пусконаладочных работ должна предусматривать последовательно наращиваемую от этапа к этапу «комплексацию» узлов блока или отдельной установки с выходом на их полную функциональную увязку в период комплексной наладки.

3.2. Подготовительный этап пусконаладочных работ начинается после выпуска рабочих чертежей. На этом этапе производится:

- изучение и анализ проектной и заводской документации, определение соответствия проектной документации нормативным документам, типовым решениям и передовому опыту, разработка замечаний и рекомендаций по устранению недостатков;
- составление проекта производства пусконаладочных работ, включая мероприятия по технике безопасности;
- разработка и утверждение рабочих программ по наладке и пуску оборудования;
- подготовка парка измерительной аппаратуры, испытательного оборудования и приспособлений, организация и оснащение объектной лаборатории, обеспечение рабочих мест приборами, инструментом и инструктивно-методическими материалами;
- составление перечня документации, оформление которой необходимо на различных стадиях производства и приемки пусконаладочных работ на каждом функциональном узле;
- разработка первой редакции эксплуатационных инструкций.

3.3. На этапе предмонтажной ревизии и проверки оборудования, машин, механизмов, арматуры, средств контроля и управления общее оперативно-техническое руководство осуществляет заказчик в лице заместителя главного инженера по ремонту.

Порядок и объем проведения ревизий и проверок устанавливают, руководствуясь действующими правилами и стандартами.

Ревизию выполняют соответствующие цехи электростанции с привлечением монтажных, ремонтных и наладочных предприятий.

Цехи обеспечивают организацию рабочих мест ремонтного и наладочного персонала в помещениях, выделяемых для этой цели руководством электростанции.

3.4. На этапе поэлементной приемки из монтажа и индивидуальных испытаний общее оперативно-техническое руководство осуществляет заместитель главного инженера электростанции по монтажу.

Порядок приемки и индивидуальных испытаний устанавливают, руководствуясь действующими правилами и стандартами, руководители цехов электростанции совместно с соответствующими руководителями бригад головной наладочной организации, руководителями подразделений строительных, монтажных и наладочных организаций, шеф-персоналом заводов-изготовителей.

Наладочные работы выполняются наладочными организациями в соответствии с координационным планом. Цехи обеспечивают организацию рабочих мест наладочного персонала в помещениях, выделенных для выполнения этих работ руководством электростанции.

Итогом выполнения данного этапа является оформление акта рабочей комиссии о приемке оборудования после индивидуальных испытаний.

Подача напряжения для выполнения пусконаладочных работ осуществляется электростанцией в соответствии с действующими правилами.

3.5. На этапе поузловой приемки из монтажа и индивидуальных испытаний оборудования функциональных узлов основного и общестанционного оборудования общее оперативно-техническое руководство осуществляет заместитель главного инженера электростанции по эксплуатации.

Приемка функциональных узлов из монтажа и индивидуальных испытаний производится комплексно от строительных, тепломонтажных, электромонтажных и наладочных организаций с рассмотрением готовности узла в части строительных, тепломонтажных, электромонтажных работ и индивидуальных испытаний, с рассмотрением актов на скрытые работы и документов (актов, протоколов, записей в журналах), составленных при ревизии оборудования, поэлементной приемке, индивидуальных испытаниях.

К началу поузловой наладки и поузлового опробования должны быть полностью завершены работы по монтажу технологического оборудования узла; на технологическом оборудовании выполнены наладочные операции, не требующие включения оборудования в работу; завершена автономная наладка участков подсистем АСУ ТП, входящих в данный узел в объеме:

- специальное программное обеспечение подсистемы сбора и первичной обработки информации, информационной базы, подсистемы представления информации, подсистемы технологической печати программ диагностики технических средств;
- информационные каналы и панели размножения сигналов;
- шкафы подсистем управления, блокировок, защит и сигнализации;
- схемы управления механизмами, запорной и регулирующей арматурой;
- шкафы подсистемы автоматического регулирования;
- шкафы (с проверкой их на имитаторах) подсистемы функционально-группового управления (ФГУ);
- оперативный контур блочного щита управления и все связи в пределах блочного щита управления.

Проведение поузловой приемки оборудования из монтажа осуществляется комплексной рабочей подкомиссией.

В итоге указанной приемки оформляется акт приемки, утверждаемый главным инженером электростанции.

Если в процессе приемки узла из монтажа и индивидуальных испытаний будут выявлены дефекты и недоделки, то приемка приостанавливается до их устранения.

Необходимость выполнения работ, не предусмотренных проектом, заводскими инструкциями и другими документами, оформляются актом рабочей комиссии.

3.6. На этапе пусковой наладки функциональных узлов на неработающем оборудовании (холодной наладки) и их опробовании под нагрузкой (с подачей напряжения, воздуха, пара, воды, масла с проведением растопок котла), поузловой приемки в последующую комплексную наладку общее техническое руководство осуществляет заместитель главного инженера электростанции по эксплуатации.

Непосредственно пусковую наладку узла выполняет узловая бригада под руководством бригадира.

Работы на этапе пусковой наладки и опробования функциональных узлов выполняются по рабочим программам, утвержденным главным инженером электростанции.

Холодная наладка функционального узла считается завершенной, если:

- выполнены все необходимые калибровки аналоговых приборов и проверки заводских установок;
- проверена правильность прохождения всех аналоговых сигналов от датчиков к средствам автоматики, вычислительной техники, приборам и сигнальным устройствам;
- выставлены все установки защиты и сигнализации;
- проверен ход регулирующих органов и электромагнитных клапанов;
- проверена правильность прохождения сигнала дискретных приборов и датчиков, используемых в системах защит, блокировок, автоматического управления и сигнализации к вычислительной технике и ее средствам отображения, индивидуальным приборам, сигнальным устройствам и устройствам управления;
- откалиброваны и проверены предельные выключатели крутящих моментов двигателей и указатели положения;
- проверена коммутационная аппаратура;
- проверено направление вращения приводов технологических механизмов;
- проверено направление движения исполнительных механизмов и показывающих устройств при управляющем воздействии;
- установлена возможность оперативного управления со щита управления;
- проверены системы защит, блокировок, сигнализации и логического управления (насколько это возможно без технологического режима);
- проверена направленность воздействия систем автоматического управления, выставлены расчетные параметры их настройки;
- сгенерировано и проверено общее программное обеспечение АСУ ТП;
- загружено и проверено на имитаторах специальное программное обеспечение АСУ ТП (насколько это возможно без технологического режима);
- выполнена прокрутка механизмов на холостом ходу, установлено, что параметры, характеризующие состояние механизма на холостом ходу, находятся в пределах, установленных стандартами, заводской, проектной и другой нормативно-технологической документацией. Выполнение пунктов холодной наладки отражается в «Журнале готовности узла к испытаниям под нагрузкой». Форма журнала приведена в приложении 1

Опробование узла под нагрузкой проводится после полного завершения его холодной наладки.

Стадия пусковой наладки и опробования узлов оборудования заканчивается пробными пусками, в течение которых завершается корректировка уставок, отладка, проверка и включение в работу (на включенном в работу оборудовании) подсистем защит, блокировок, АРВ, сигнализации, АСР, ФГУ и подсистемы представления информации в объеме, необходимом для обеспечения безопасности и надежности проведения опробования блока (или установки) с целью проверки его строительного-монтажной готовности со взятием нагрузки, с выходом его в режим эксплуатации и комплексную наладку. В технических программах опробования функциональных узлов под нагрузкой указывается роль и обязанности эксплуатационного персонала.

Организацию опробования узла после пусковой наладки с целью приемки его для проверки строительного-монтажной готовности и в комплексную наладку осуществляет комплексная рабочая подкомиссия.

Если в процессе опробования узла будут выявлены повреждения, дефекты или недоделки, то опробование прерывается и проводится с начала после их устранения.

Завершение этого этапа по каждому узлу оформляется протоколом испытаний узла, утверждаемым главным инженером электростанции.

Узел считается принятым для проверки строительно-монтажной готовности и в комплексную наладку, если имеются утвержденные главным инженером электростанции акт приемки узла из монтажа и индивидуального опробования, а также протокол испытаний узла

3.7. Проверка строительно-монтажной готовности пускового комплекса энергоблока или отдельного агрегата производится по специальной технической программе, предусматривающей пуск оборудования по проектным схемам. При этом для отдельного котельного агрегата предусматривается получение пара проектных параметров, а для энергоблока и отдельного турбоагрегата с генератором — синхронизация и набор электрической нагрузки.

Программа проверки строительно-монтажной готовности разрабатывается головной наладочной организацией и утверждается ее главным инженером и главным инженером электростанции. При отсутствии головной наладочной организации программу разрабатывает и утверждает заказчик, привлекая к разработке программы монтажные и наладочные организации.

Оперативное управление оборудованием осуществляет эксплуатационный персонал заказчика по заранее разработанным эксплуатационным инструкциям и программе проверки строительно-монтажной готовности.

В проверке готовности в соответствии с программой принимает участие персонал монтажных, наладочных, научно-исследовательских организаций и шеф-персонал заводов-изготовителей оборудования.

Техническим руководителем проверки строительно-монтажной готовности является главный инженер электростанции.

При завершении этого этапа пусконаладочных работ составляется акт рабочей приемочной комиссией о приемке оборудования блока (установки) после проверки строительно-монтажной готовности. К акту прилагается перечень выявившихся при испытаниях дефектов оборудования, монтажа и строительства, а также программа-график комплексной наладки узлов и опробования блока или отдельного агрегата. Акт утверждает руководитель вышестоящей инструкции заказчика. Дефекты оборудования, строительства и монтажа, выявленные при проверке строительно-монтажной готовности пускового комплекса, должны быть устранены до начала комплексной поузловой наладки оборудования.

3.8. На этапе комплексной наладки узлов проводится поузловая наладка, испытания (исследования) оборудования в различных режимах работы:

- при остановленном блоке или отдельном агрегате с включением в работу отдельных функциональных технологических узлов;
- при пусках и остановках блока или отдельного агрегата по программе наладочных испытаний;
- при несении электрической нагрузки на уровне, задаваемом по наладочной программе.

В этот же период на остановленном оборудовании проводятся ремонтно-доводочные работы, устраняются дефекты, выявленные в процессе наладки узлов.

Программа комплексной наладки узлов предусматривает на первой стадии отдельную работу специалистов различных профессий для первоначальной наладки отдельных видов оборудования с целью обеспечения надежности установки в проектном объеме, а затем — комплексную работу узловых бригад, создаваемых на этапе приемки, под техническим руководством бригадиров.

Завершение наладки по узлам оформляется узловыми бригадами протоколами проведения комплексного испытания узлов (в необходимых режимах работы энергоблока, которые утверждаются главным инженером электростанции).

В этот же период производится комплексная наладка подсистем АСУ ТП (включая оперативный контур блочного щита управления), их опытная эксплуатация и передача в промышленную эксплуатацию.

Работа оборудования в период комплексной наладки предусматривается по отдельным программам и выработка электроэнергии на этот период по диспетчерскому графику не планируется.

В период комплексной наладки проводится:

- технологическая отладка функциональных узлов при работе оборудования в переменных и стационарных режимах;
- проведение и отработка пусков оборудования из различных тепловых состояний по графикам заводов-изготовителей;
- отладка информационных каналов дискретных и аналоговых параметров, а также корректировка информационной базы по результатам работы оборудования;
- экспериментальное определение статических и динамических характеристик оборудования, включение в работу систем автоматического регулирования в проектном объеме;
- наладка и корректировка технологических алгоритмов и программ комплекса задач АСУ ТП на действующем оборудовании;
- наладка систем функционально-группового управления с корректировкой технологических алгоритмов и программ ФГУ и блокировок по результатам пусков;
- корректировка эксплуатационной технической документации;
- отработка режимов управления и взаимодействия между оперативным персоналом в условиях действующей АСУ ТП и при ее отказах;
- опытная эксплуатация комплекса задач и подсистем АСУ ТП с проведением испытаний в переменных и стационарных режимах работы оборудования, его проверка на взятие максимально возможной (в пределах проектной) и максимально длительной нагрузки;
- передача пускового комплекса задач и подсистем АСУ ТП в составе вводимого энергооборудования в промышленную эксплуатацию.

Комплексная наладка заканчивается проведением комплексного опробования оборудования с оформлением акта по СНиП 3.01.04-87

3.9. После завершения работ по программе-графику комплексной наладки энергоблока или отдельного агрегата и его комплексного опробования производится приемка названного оборудования в эксплуатацию. Приемка в эксплуатацию производится государственной приемочной комиссией с назначением в необходимых случаях контрольных опробований и испытаний.

Опробования и испытания проводятся под техническим руководством главного инженера электростанции по программе, утвержденной государственной приемочной комиссией. При этом производится:

- проверка режимов работы котлоагрегата, турбоагрегата, генератора, трансформатора и вспомогательного оборудования при работе на основном топливе и алгоритмов управления функциональными узлами в стационарных и переменных режимах;
- комплексная проверка всех подсистем АСУ ТП;
- проверка совместной работы основных агрегатов и вспомогательного оборудования при максимально возможной (в пределах проектной) нагрузке;
- другие необходимые опробования и испытания.

При успешной приемке государственной приемочной комиссией энергоблока или установки в эксплуатацию оформляется акт о приемке объекта в эксплуатацию согласно СНиП 3.01.04-87 .

После поузловой приемки составляется акт, в котором указывается объем выполненных работ, обнаруженные недостатки, результаты опробования, предварительная оценка качества работ.

При поузловой приемке на каждый отремонтированный механизм и узел составляют формуляр контрольных замеров и измерений, которые подписывают ответственные руководители по ремонту и эксплуатации. Вращающиеся механизмы не только осматривают, но и опробуют на ходу. Обязательной поузловой приемке подлежат поверхности нагрева, внутрибарабанные устройства, барабаны, коллекторы, пароперегреватель, воздухоподогреватель, водяной экономайзер, топочные механизмы, обмуровка сводов и амбразур топки, каркас и обмуровка котла, гарнитура, дымососы, вентиляторы, насосы, обдувочные устройства, трубопроводы, арматура, устройства золоулавливания и золошлако-удаления, контрольно-измерительные приборы и средства автоматики. Обнаруженные при проверке недостатки - неполный объем выполненных работ, дефекты ремонта - устраняют до составления акта приемки.

При поузловой приемке бригадир предъявляет заполненные формуляры, которые после проверки оборудования подписывают мастер, руководитель работ и начальник цеха. При этом оценивается качество ремонтных работ по данному узлу. Особо ответственные работы на важных узлах и деталях при поузловой приемке оформляют специальным актом.

После окончания поузловой приемки и устранения выявленных дефектов специальная комиссия под руководством главного инженера производит общую предварительную приемку котельной установки. Затем установку испытывают в течение 24 ч под нагрузкой. По результатам этого испытания комиссия предварительно оценивает качество ремонта. При отсутствии дефектов сроком окончания ремонта котла считается время включения его в паропровод.

В процессе поузловой приемки дается оценка качества ремонта, представляются формуляры измерений зазоров по всем узлам и составляется двусторонний акт.

По окончании монтажа трубопровода производят его поузловую приемку, которая заключается в проверке законченности монтажных и сварочных работ и расположения трубопровода и его опор в соответствии с проектом. Все отклонения от проекта не должны превосходить пределов допусков, установленных производственной монтажной инструкцией. Поузловая приемка оформляется актом с участием представителей монтажной организации и эксплуатации электростанции.

За соблюдение всех Правил техники безопасности при поузловой приемке и опробовании оборудования отвечает строительная или монтажная организация.

После окончания монтажа оборудования топки или калорифера производится поузловая приемка его с составлением актов.

Скрытые работы по каркасным конструкциям, качество которых невозможно проверить при поузловой приемке котла (места тепловых расширений, опоры, закрываемые

обмуровкой, элементы, а также обшивка колонн с внутренней стороны и другие узлы), должны предъявляться по мере их готовности технадзору заказчика для составления акта. Отдельные объемы пускового комплекса могут приниматься пусковой (рабочей) комиссией в эксплуатацию после окончания строительно-монтажных работ и проведения поузловой приемки и опробования до приемки основного объекта. К таким объектам относятся: химводоочистка, мазутонасосная, береговая насосная, топливный склад, разгрузочный сарай, электролизерная и другие.

По окончании приемки котлоагрегата составляется отчет о проведенном ремонте, к которому прилагаются следующие документы: акт приемки котла из капитального ремонта; ведомость объема работ (с отметкой технического состояния всех узлов агрегата до и после ремонта, намеченный и выполненный объем ремонтных работ, плановые и фактические затраты рабочей силы, материалов и запасных частей); графики работы; ведомость технических показателей эксплуатации до и после ремонта; акты промежуточных поузловых приемок; проект организации ремонтных работ (при крупных реконструктивных работах); данные о материалах, примененных при ремонте поверхностей нагрева; формуляры по всем узлам; схемы и чертежи реконструктивных работ, выполненных во время капитального ремонта.

Этот вид приемки из ремонта называется **позуловым**. На поузловую приемку составляется акт и подписываются формуляры контрольных измерений, относящихся к принимаемому узлу. После окончания всех запланированных работ производится предварительная приемка оборудования. При этом проверяются общее состояние отремонтированного оборудования, техническая документация по ремонту: ведомости объема работ, технологические графики, акты поузловых приемок, заполнение формуляров произведенных замеров. Если за это время не будет обнаружено никаких дефектов, оборудование принимается в эксплуатацию и дается предварительная оценка качеству ремонта.

В процессе ремонта оборудования производят приемку отдельных отремонтированных узлов. При поузловой приемке вращающиеся механизмы опробывают на ходу. Оборудование из - ремонта принимает комиссия, возглавляемая главным инженером. При приемке тепловых сетей и тепловых пунктов из капитального или текущего ремонта проверяют выполнение всех работ по ведомости объема работ, в которой делают отметки о качестве выполнения.

Приемку оборудования котельной установки проводят в процессе капитального ремонта по мере его завершения с составлением соответствующих актов. Этот процесс состоит из трех основных операций: 1) поузловой приемки; 2) общей приемки котла после окончания капитального ремонта в холодном состоянии и в работе под нагрузкой в течение 24 ч; 3) окончательной оценки качества проведенного ремонта после работы котла в течение месячного срока.

По окончании монтажа трубопровода производят его поузловую приемку, которая заключается в проверке законченности монтажных и сварочных работ и расположения трубопровода и его опор в соответствии с проектом. Все отклонения от проекта не должны превосходить пределов допусков, установленных производственной монтажной инструкцией. Позуловая приемка оформляется актом с участием представителей монтажной организации и эксплуатации электростанции.

Контрольные вопросы:

1. Какие этапы существуют поузловой приемки?
2. Кто занимается отсчетами приемки оборудования?
3. Что происходит по окончании приемки котлоагрегата?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютик, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, Техническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 21

Тема: Испытание на прочность и плотность теплоиспользующих установок.

Цель работы: Изучить испытание на прочность и плотность теплоиспользующих установок

Порядок выполнения работы:

1. Описать все виды испытания на прочность и плотность

Общие сведения

1. Испытания на прочность и плотность оборудования систем проводятся ежегодно после окончания отопительного сезона для выявления дефектов, а также перед началом отопительного периода после окончания ремонта.

2. Испытания на прочность и плотность водяных систем проводятся пробным давлением, но не ниже:

- элеваторные узлы, водоподогреватели систем отопления, горячего водоснабжения - 1 МПа (10 кгс/см²);
- системы отопления с чугунными отопительными приборами, стальными штампованными радиаторами - 0,6 МПа (6 кгс/см²), системы панельного и конвекторного отопления - давлением 1 МПа (10 кгс/см²);
- системы горячего водоснабжения - давлением, равным рабочему в системе, плюс 0,5 МПа (5 кгс/см²), но не более 1 МПа (10 кгс/см²);
- для калориферов систем отопления и вентиляции - в зависимости от рабочего давления, устанавливаемого техническими условиями завода-изготовителя.

3. Паровые системы теплопотребления испытываются пробным давлением. Величину пробного давления выбирает предприятие-изготовитель (проектная организация) в пределах между минимальным и максимальным значениями:

- минимальная величина пробного давления при гидравлическом испытании должна составлять 1,25 рабочего давления, но не менее 0,2 МПа (2 кгс/см²);
- максимальная величина пробного давления устанавливается расчетом на прочность по нормативно-технической документации, согласованной с Госгортехнадзором России;
- испытание на прочность и плотность узла управления и системы теплопотребления производится при положительных температурах наружного воздуха. При температуре наружного воздуха ниже нуля проверка плотности возможна лишь в исключительных случаях. Температура внутри помещения при этом должна быть не ниже 5⁰ С.

4. Испытание на прочность и плотность проводится в следующем порядке:

- система теплопотребления заполняется водой с температурой не выше 45⁰ С, полностью удаляется воздух через воздухопускные устройства в верхних точках;
- давление доводится до рабочего и поддерживается в течение времени, необходимого для тщательного осмотра всех сварных и фланцевых соединений, арматуры, оборудования и т.п., но не менее 10 мин.;
- давление доводится до пробного, если в течение 10 мин. не выявляются какие-либо дефекты (для пластмассовых труб время подъема давления до пробного должно быть не менее 30 мин.).

5. Испытания на прочность и плотность систем проводятся отдельно.

Системы считаются выдержавшими испытания, если во время их проведения:

- не обнаружены "потения" сварных швов или течи из нагревательных приборов, трубопроводов, арматуры и прочего оборудования;
- теплопотребления в течение 5 мин. падение давления не превысило 0,02 МПа (0,2 кгс/см²);

- при испытаниях на прочность и плотность систем панельного отопления падение давления в течение 15 мин. не превысило 0,01 МПа (0,1 кгс/см²);

- при испытаниях на прочность и плотность систем горячего водоснабжения падение давления в течение 10 мин. не превысило 0,05 МПа (0,5 кгс/см²); пластмассовых трубопроводов: при падении давления не более чем на 0,06 МПа (0,6 кгс/см²) в течение 30 мин. и при дальнейшем падении в течение 2 часов не более чем на 0,02 МПа (0,2 кгс/см²).

Для систем панельного отопления, совмещенных с отопительными приборами, величина пробного давления не должна превышать предельного пробного давления для установленных в системе отопительных приборов. Величина пробного давления систем панельного отопления, паровых систем отопления и трубопроводов к вентиляционным установкам при пневматических испытаниях должна составлять 0,1 МПа (1 кгс/см²). При этом падение давления не должно превышать 0,01 МПа (0,1 кгс/см²) при выдерживании 5 мин.

Результаты проверки оформляются актом проведения испытаний на прочность и плотность.

Если результаты испытаний на прочность и плотность не отвечают указанным условиям, необходимо выявить и устранить утечки, после чего провести повторные испытания системы.

Контрольные вопросы:

1. Для чего проводится испытания на прочность и плотность?
2. Что является результатом проверки испытания?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 22

Тема: Гидравлические испытания теплоиспользующих установок, акт испытания.

Цель работы: Изучить гидравлические испытания теплоиспользующих установок и составить акт испытания.

Порядок выполнения работы:

1. Опишите гидравлические испытания на прочность.
2. Заполните акт гидравлических испытаний

Общие сведения.

При проведении гидравлических испытаний на прочность и плотность тепловых сетей отключать заглушками оборудование тепловых сетей (сальниковые, сильфонные компенсаторы и др.), а также участки трубопроводов и присоединенные теплопотребляющие энергоустановки, не задействованные в испытаниях.

В процессе эксплуатации все тепловые сети должны подвергаться испытаниям на прочность и плотность для выявления дефектов не позже, чем через две недели после окончания отопительного сезона.

Испытания на прочность и плотность проводятся в следующем порядке:

- испытываемый участок трубопровода отключить от действующих сетей;
- в самой высокой точке участка испытываемого трубопровода (после наполнения его водой и спуска воздуха) установить пробное давление;
- давление в трубопроводе следует повышать плавно;
- скорость подъема давления должна быть указана в нормативно-технической документации (далее НТД) на трубопровод.

При значительном перепаде геодезических отметок на испытываемом участке значение максимально допустимого давления в его нижней точке согласовывается с проектной организацией для обеспечения прочности трубопроводов и устойчивости неподвижных опор. В противном случае испытание участка необходимо производить по частям.

Испытания на прочность и плотность следует выполнять с соблюдением следующих основных требований:

- измерение давления при выполнении испытаний следует производить по двум аттестованным пружинным манометрам (один - контрольный) класса не ниже 1,5 с диаметром корпуса не менее 160 мм. Манометр должен выбираться из условия, что измеряемая величина давления находится в 2/3 шкалы прибора;
- испытательное давление должно быть обеспечено в верхней точке (отметке) трубопроводов;
- температура воды должна быть не ниже 5 °С и не выше 40 °С;
- при заполнении водой из трубопроводов должен быть полностью удален воздух;
- испытательное давление должно быть выдержано не менее 10 мин и затем снижено до рабочего;

- при рабочем давлении проводится тщательный осмотр трубопроводов по всей их длине.

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если во время их проведения не произошло падения давления и не обнаружены признаки разрыва, течи или запотевания в сварных швах, а также течи в основном металле, в корпусах и сальниках арматуры, во фланцевых соединениях и других элементах трубопроводов. Кроме того, должны отсутствовать признаки сдвига или деформации трубопроводов и неподвижных опор.

О результатах испытаний трубопроводов на прочность и плотность необходимо составить акт установленной формы.

Трубопроводы тепловых сетей до пуска их в эксплуатацию после монтажа, капитального или текущего ремонта с заменой участков трубопроводов подвергаются очистке:

- паропроводы - продувке со сбросом пара в атмосферу;

- водяные сети в закрытых системах теплоснабжения и конденсатопроводы - гидروпневматической промывке;
- водяные сети в открытых системах теплоснабжения и сети горячего водоснабжения - гидропневматической промывке и дезинфекции (в соответствии с санитарными правилами) с последующей повторной промывкой питьевой водой. Повторная промывка после дезинфекции производится до достижения показателей качества сбрасываемой воды, соответствующих санитарным нормам на питьевую воду.

О проведении промывки (продувки) трубопроводов необходимо составить акт.

Для промывки закрытых систем теплоснабжения допускается использовать воду из питьевого или технического водопровода, после промывки вода из трубопроводов удаляется.

Подключение тепловых сетей и систем теплопотребления после монтажа и реконструкции производится на основании разрешения, выдаваемого органами государственного энергетического надзора.

Заполнение трубопроводов тепловых сетей, их промывка, дезинфекция, включение циркуляции, продувка, прогрев паропроводов и другие операции по пуску водяных и паровых тепловых сетей, а также любые испытания тепловых сетей или их отдельных элементов и конструкций выполняются по программе, утвержденной техническим руководителем организации и согласованной с источником теплоты, а при необходимости - с природоохранными органами.

Пуск водяных тепловых сетей состоит из следующих операций:

- заполнения трубопроводов сетевой водой;
- установления циркуляции;
- проверки плотности сети;
- включения потребителей и пусковой регулировки сети.

Трубопроводы тепловых сетей заполняются водой температурой не выше 70 °С при отключенных системах теплопотребления.

Заполнение трубопроводов следует производить водой давлением, не превышающим статического давления заполняемой части тепловой сети более чем на 0,2 МПа.

Во избежание гидравлических ударов и для лучшего удаления воздуха из трубопроводов максимальный часовой расход воды G_v при заполнении трубопроводов тепловой сети с условным диаметром D_u не должен превышать величин, указанных в приведенной ниже таблице:

Ду, мм	100	150	250	300	350	400	450
G_v , м ³ /ч	10	15	25	35	50	65	85
Ду, мм	500	600	700	800	900	1000	1200
G_v , м ³ /ч	100	150	200	250	300	350	500

Заполнение распределительных сетей следует производить после заполнения водой магистральных трубопроводов, а ответвлений к потребителям - после заполнения распределительных сетей.

В период пуска необходимо вести наблюдение за наполнением и прогревом трубопроводов, состоянием запорной арматуры, сальниковых компенсаторов, дренажных устройств.

Последовательность и скорость проведения пусковых операций осуществляются так, чтобы исключить возможность значительных тепловых деформаций трубопроводов.

АКТ
гидравлического испытания сборочных единиц

«__» _____ 2018 г.

Город _____

Завод _____

Цех _____

Мы, нижеподписавшиеся, представитель завода в лице

_____ (должность, фамилия, имя, отчество)

представитель ОТК в лице _____

_____ (должность, фамилия, имя, отчество)

составили настоящий акт в том, что произведено испытание на прочность

_____ (номер чертежа сборочной единицы)

Рабочее давление _____ МПа (кгс/см²).

Во время испытания изделие находилось в течение _____ мин под пробным давлением

_____ МПа (кгс/см²), после чего давление было снижено до рабочего _____

МПа (кгс/см²) и выдерживалось до конца осмотра изделия.

Во время испытания, течи, а также падения давления по манометру не обнаружено.

Представители

завода _____

(фамилия, и.о.)

ОТК завода _____

(фамилия, и.о.)

Примечание. Заполняется и прилагается в случае проведения испытаний

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходимы гидравлические испытания?
2. Почему необходимо заполнить акт испытания?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 23

Тема: Тепловые испытания, методика тепловых испытаний

Цель работы: Изучить тепловые испытания и методику тепловых испытаний

Порядок выполнения работы:

1. Опишите испытание тепловых сетей.
2. Опишите испытание на прочность и герметичность.
3. Опишите испытание на расчетную температуру.
4. Опишите испытания для определения тепловых и гидравлических потерь

Общие сведения.

Испытание тепловых сетей

Существует 4 вида испытаний тепловых сетей:

1. **На прочность и герметичность (опрессовка).** Выполняется на этапе изготовления до нанесения изоляции. При эксплуатации ежегодно.
2. **На расчётную температуру.** Проводится: с целью проверки работы компенсаторов и фиксации их рабочем положении, для определения целостности неподвижных опор (1р. в 2 года). Испытания проводятся при изготовлении сетей до нанесения изоляции.
3. **Гидравлические.** Проводятся с целью определения: фактических расходов воды у потребителей, фактических гидравлических характеристик трубопровода и выявления участков с повышенным гидравлическим сопротивлением (1 раз в 3-4 года).
4. **Тепловые испытания.** Для определения фактических тепловых потерь (1 раз в 3-4 года). Испытания проводятся по следующей зависимости:

$$Q = cG(t_1 - t_2) \text{ \& } Q_{\text{норм}} = q_1 \cdot l,$$

где q_1 – тепловые потери 1м трубопровода, определяются по СНиП “Тепловая изоляция трубопроводов и оборудования”.

Тепловые потери определяются по температуре в конце участка.

Испытания на прочность и герметичность.

Существует 2 вида испытаний:

1. Гидравлические.
2. Пневматические. Проверяется при $t_n < 0$ и невозможности подогрева воды и при её отсутствии.

Гидравлические испытания.

Приборы: 2 манометра (рабочий и контрольный) класс выше 1,5%, диаметр манометра не ниже 160мм, шкала 4/3 от давления испытания.

Порядок проведения:

1. Отключить испытуемый участок заглушками. Сальниковые компенсаторы заменить заглушками или вставками. Открыть все байпасные линии и задвижки, если их нельзя заменить заглушками.
2. Устанавливается пробное давление $= 1,25P_{\text{раб}}$, но не более рабочего давления трубопровода P_y . Выдержка 10 минут.
3. Давление уменьшается до рабочего, при этом давлении осуществляется осмотр. Утечки контролируются по: падение давления на манометре, явные утечки, характерный шум, запотевание трубы. Одновременно контролируется положение трубопроводов на опорах.

Пневматические испытания запрещается проводить для: Надземных трубопроводов; При совмещённой прокладке с другими коммуникациями.

При испытании запрещается испытывать чугунную арматуру. Допускается при низких давлениях испытывать арматуру из ковкого чугуна.

Приборы: 2 манометра, источник давления – компрессор.

1. Заполнение со скоростью 0,3 МПа/час.
2. Визуальный осмотр при давлении $P \leq 0,3P_{\text{испытан.}}$, но не более 0,3 МПа. $P_{\text{исп}} = 1,25P_{\text{раб}}$.
3. Давление повышается до $P_{\text{испытан.}}$, но не более 0,3 МПа. Выдержка 30 мин.
4. Снижение давления до $P_{\text{раб}}$, осмотр. Утечки определяются по признакам: уменьшение давления на манометрах, шум, пузырение мыльного раствора.

Техника безопасности:

- во время осмотра запрещается спускаться в траншею;
- не попадать под струю воздуха.

Испытания на расчётную температуру

Испытываются тепловые сети с $d \geq 100\text{мм}$. При этом в подающем трубопроводе должна быть расчётная температура и в обратке не д/б больше 100°C . Расчётная температура выдерживается в течении 30 минут, при этом увеличение и снижение температуры не должна быть больше $30^{\circ}\text{C}/\text{час}$. Этот вид испытаний проводится после проведения опрессовки сетей и устранения порывов.

Испытания для определения тепловых и гидравлических потерь

Это испытание проводится на циркуляционном контуре состоящем из подающей и обратной линий и перемычки между ними, все абоненты ответвления отсоединяются. В этом случае уменьшение температуры по движению по кольцу обуславливается только тепловыми потерями трубопроводов. Время испытания составляет $2t_k + (10-12\text{ч.})$, t_k – время пробега температурной волны по кольцу. Температурная волна – увеличение температуры на $10-20^{\circ}\text{C}$ выше испытательной по всей длине температурного кольца, устанавливается наблюдателями и фиксируется изменение температуры.

Испытание на гидравлические потери проводится на двух режимах: при максимальном расходе и 80% от максимального. По каждому из режимов должно быть снято не менее 15 показаний с интервалом в 5 минут.

Тепловое испытание отопления



Термометр для тепловой проверки

Своевременное тепловое испытание систем отопления позволит определить равномерность нагрева всех радиаторов и батарей. В отличие от вышерассмотренных документов, эту процедуру рекомендуется выполнять в обязательном порядке и для автономных схем.

Для центрального отопления эти действия выполняются не каждый год. Акт на тепловые испытания системы отопления составляется только в следующих случаях:

- Введение системы в эксплуатацию;
- Замена большей части компонентов на новые, изменение конфигурации трубопроводов.

Испытание системы отопления на прогрев зачастую совмещается с пробным запуском перед отопительным периодом. Для этого недостаточно заполнить трубопроводы теплоносителем и включить котел. Сначала следует выполнить прочистку системы, избавив ее от скопившегося мусора и известкового налета. Если этого не сделать — тепловые испытания системы отопления будут некорректными. Посторонние элементы будут влиять на теплопроводность радиаторов и труб, что напрямую скажется на их энергетической отдаче.

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходимы гидравлические испытания?
2. Почему необходимо заполнить акт истытания?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 24

Тема: Характеристика пожароопасных зон тепловых сетей

Цель работы: Изучить характеристику пожароопасных зон тепловых сетей

Порядок выполнения работы:

1. Опишите требования пожарной безопасности тепловых сетей.

Общие сведения

Устройство и эксплуатация тепловых сетей и тепловых пунктов должны соответствовать требованиям Правил пожарной безопасности в Российской Федерации

1. Системы поквартирного теплоснабжения с индивидуальными теплогенераторами на газовом топливе следует применять в многоквартирных жилых зданиях высотой не более 28 м.

2. Печное отопление допускается предусматривать в зданиях согласно приложению.

3. Максимальная температура поверхности печей (кроме чугунного настила, дверок и других металлических печных элементов) не должна превышать:

90 °С — в помещениях детских дошкольных и амбулаторнополиклинических учреждений;

110 °С — в других зданиях и помещениях на площади печи не более 15 % от общей площади поверхности печи;

120 °С — то же, на площади печи не более 5 % от общей площади поверхности печи.

В помещениях с временным пребыванием людей (кроме детских дошкольных учреждений) при установке защитных экранов допускается применять печи с температурой поверхности выше 120 °С.

4. Одну печь следует предусматривать для отопления не более трех помещений, расположенных на одном этаже.

В двухэтажных зданиях допускается предусматривать двухъярусные печи с обособленными топливниками и дымовыми каналами для каждого этажа, а для двухъярусных квартир – с одной топкой на первом этаже. Применение деревянных балок в перекрытии между верхним и нижним ярусами печи не допускается.

5. В зданиях с печным отоплением не допускается:

а) компенсированной притоком с механическим побуждением;

б) отвод дыма в вентиляционные каналы и использование для вентиляции помещений дымовых каналов и дымоотводов.

6. Для каждой печи следует предусматривать отдельный дымовой канал. Допускается присоединять к одной дымовой трубе две печи, расположенные в одной квартире на одном этаже. При соединении дымовых труб в них следует предусматривать рассечки высотой не менее 1 м от низа соединения труб.

7. Сечение дымовых труб (дымовых каналов), выполненных из глиняного кирпича или жаростойкого бетона в зависимости от тепловой мощности печи, следует принимать не менее:

140×140 мм — при тепловой мощности печи до 3,5 кВт;

140×200 мм — при тепловой мощности печи от 3,5 до 5,2 кВт;

140×270 мм — при тепловой мощности печи от 5,2 до 7 кВт.

Площадь сечения круглых дымовых каналов должна быть не менее площади указанных прямоугольных каналов.

8. На дымовых каналах печи, работающей на твердом топливе, следует предусматривать задвижки с отверстием не менее 15×15 мм.

9. Высоту дымовых труб от колосниковой решетки до устья следует принимать не менее 5 м. Высоту дымовых труб, размещаемых на расстоянии, равном или большем высоты сплошной конструкции, выступающей над кровлей, следует принимать: не менее 500 мм – над плоской кровлей; не менее 500 мм – над коньком кровли или парапетом при расположении трубы на расстоянии до 1,5 м от конька или парапета; не ниже конька кровли или парапета – при расположении дымовой трубы на расстоянии от 1,5 до 3 м от конька или парапета; не ниже линии, проведенной от конька вниз под углом 10° к горизонту, – при расположении дымовой трубы от конька на расстоянии более 3 м.

Дымовые трубы следует выводить выше кровли более высоких зданий, пристроенных к зданию с печным отоплением.

Высоту вытяжных вентиляционных каналов, расположенных рядом с дымовыми трубами, следует принимать равной высоте этих труб.

10. Размеры разделок в утолщении стенки печи или дымового канала в месте примыкания строительных конструкций следует принимать в соответствии с приложением. Разделка должна быть больше толщины перекрытия (потолка) на 70 мм. Опирасть или жестко соединять разделку печи с конструкцией здания не следует.

11. Зазоры между перекрытиями, стенами, перегородками и разделками должны быть заполнены негорючими материалами.

12. Расстояние между верхом перекрытия печи, выполненного из трех рядов кирпича, и потолком из горючих материалов, защищенным штукатуркой по стальной сетке или стальным листом по асбестовому картону толщиной 10 мм, следует принимать равным 250 мм для печей с периодической топкой и 700 мм для печей длительного горения, а при незащищенном потолке – соответственно 350 и 1000 мм. Для печей, имеющих перекрытие из двух рядов кирпича, указанные расстояния следует увеличивать в 1,5 раза.

Расстояние между верхом металлической печи с теплоизолированным перекрытием и защищенным потолком следует принимать равным 800 мм, а для печи с нетеплоизолированным перекрытием и незащищенным потолком – 1200 мм.

13. Конструкции зданий следует защищать от возгорания:

а) пол из горючих материалов под топочной дверкой – металлическим листом размером 700×500 мм по асбестовому картону толщиной 8 мм, располагаемым длинной его стороной вдоль печи;

б) стену или перегородку из горючих материалов, примыкающую под углом к фронту печи – штукатуркой толщиной 25 мм по металлической сетке или металлическим листом по асбестовому картону толщиной 8 мм от пола до уровня на 250 мм выше верха топочной дверки.

Расстояние от топочной дверки до противоположной стены должно быть не менее 1250 мм.

14. Минимальные расстояния от уровня пола до дна дымохода и зольников следует принимать:

а) при конструкции перекрытия или пола из горючих материалов до дна зольника – 140 мм, до дна дымохода – 210 мм;

б) при конструкции перекрытия или пола из негорючих материалов – на уровне пола.

15. Пол из горючих материалов под каркасными печами, в том числе на ножках, следует защищать (в пределах горизонтальной проекции печи) от возгорания листовую сталью по асбестовому картону толщиной 10 мм, при этом расстояние от низа печи до пола должно быть не менее 100 мм.

16. В многоэтажных жилых и общественных зданиях допускается устройство каминов на твердом топливе при условии присоединения каждого камина к индивидуальному или коллективному дымоходу.

Подключение к коллективному дымоходу должно производиться через воздушный затвор с присоединением к вертикальному коллектору ответвлений воздухопроводов через этаж (на уровне каждого вышележащего этажа).

17. Сечение дымовых каналов заводской готовности для дымоотвода от каминов должно быть не менее 8 см² на 1 кВт номинальной тепловой мощности каминов.

18. Размеры разделок и отступок дымовых каналов теплогенерирующих аппаратов (в том числе каминов) следует принимать в соответствии с технической документацией завода-изготовителя.

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходимы правила ПБ?
2. Какое наказание влечет несоблюдение правил ТБ?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 25

Тема: Характеристика погрешностей измерений

Цель работы: Изучить погрешности измерений в тепловых сетях

Порядок выполнения работы:

1. Опишите 14 причин увеличивающих погрешность измерений.

Общие сведения.

14 наиболее вероятных причин увеличивающих погрешность измерений счетчика тепла.

1. В целях экономии подключение комплекта термопреобразователей с трех или четырех проводной схемой подключения выполняется по двухпроводной схеме. Были случаи, когда такой монтаж выполнялся телефонным проводом, или проводом с сечением 0,22 мм² (рекомендовано не менее 0,35 мм²) что приводило к ошибке при измерении температуры более 10 градусов, при этом погрешность измерений счетчика тепла возрастает до 50%.

Причины увеличения погрешности измерений счетчика тепла

2. Достаточно часто встречаются коммерческие узлы учета тепла с гильзами для термопреобразователей, в которых (в одной или в обеих) отсутствует масло, что приводит к ошибке при измерении температуры до 4 градусов. При расходе в 8т/час, а это расход теплоносителя характерный для четырех подъездной пятиэтажки, погрешность измерений тепловой энергии составляет 0,032 Гкал в час или 0,768 в сутки. В денежном выражении – приблизительно 30 т. руб. в месяц.

Наиболее часто встречающиеся нарушения, вносящие значительную погрешность измерений счетчика тепла.

3. Часто в трубопроводе системы отопления с диаметром 32 или 40 мм установлены термопреобразователи — преобразователи температуры, длина которых значительно превышает диаметры трубопроводов. Если на трубопроводах малого диаметра термопреобразователи — преобразователи температуры устанавливаются без применения расширителей трубопровода, рабочая часть термопреобразователя — преобразователя температуры значительно выступает за пределы трубопровода и не может достоверно измерять температуру теплоносителя. Следовательно, точность и погрешность измерений счетчика, не соответствует заявленной производителем, и такой счетчик не может считаться коммерческим.

4. Очень часто для уменьшения объемов работ при монтаже счетчика тепла термопреобразователи — преобразователи температуры устанавливаются в грязевики. Рабочая поверхность термопреобразователя в этом случае находится вне зоны движения потока воды + отсутствие изоляции на грязевике способствует искажению показаний в измерении температуры на 5-7 градусов. В денежном отношении, опять же для четырех подъездной пятиэтажки, это уже порядка 60 т. рублей в месяц.

5. Установка вместо комплекта термопреобразователей температуры марки КТПТР (КТСПН) предусмотренных проектом одиночных преобразователей температуры – например ТСП100. Постоянная дополнительная погрешность измерения тепла счетчиком при этом может достигать 3%.

Причины отказа расходомеров ВЗЛЕТ

6. Отсутствие повсеместно теплоизоляции верхней части преобразователей сопротивлений, особенно если эти участки расположены на улице. Понятно, что в данном случае будет присутствовать дополнительная погрешность измерения температуры, и как следствие точность +и погрешность измерения тепла.

7. Преобразователи расхода должны быть установлены в трубопроводе через паронитовые прокладки. Очень часто при демонтаже преобразователя расхода для госповерки мы извлекаем паронитовые прокладки с внутренним прорубленным зубилом треугольным

или прямоугольным отверстием в виде треугольника или прямоугольника. Как в данном случае можно говорить о погрешности измерения расхода?

8. Электромагнитные преобразователи расхода ЭРСВ теплосчетчиков производства предприятия «Взлет» должны монтироваться в систему с применением динамометрического ключа, с обязательной установкой дополнительных демпфирующих прокладок. Повсеместно на объектах наблюдаются нарушения этих рекомендаций, что приводит к изменению внутреннего диаметра фторопластовой футеровки расходомерного устройства, нарушению зазоров между футеровкой и электродами съема информации о скорости потока теплоносителя и значительной погрешности измерения расхода теплоносителя.

9. В целях экономии, при монтаже расходомерных устройств, вместо рекомендованных заводами-изготовителями фланцев с центрирующими углублениями, применяются стандартные фланцы. При этом первичные преобразователи расхода могут устанавливаться со смещением до 10 мм от оси трубопровода. Трудно установить при этом погрешность измерения расхода счетчиком тепла по данному трубопроводу.

Погрешность измерения и отказ расходомера

10. Применение повсеместно вместо паронитовых прокладок резиновых толщиной 3-4 мм. Неравномерное сжатие резины приводит к несоосности (перекосу) расходомеров и повышению погрешности измерений счетчика тепла. Внутренний диаметр здесь также из-за сжатия резины выдержать невозможно. Это кстати одно из основных причин, почему приборы на стенде идут с нулевой погрешностью, а по месту погрешность измерений превышает установленную для теплосчетчика. Если погрешность измерению показывает утечку, Вы соответственно за нее переплачиваете. Если наоборот, вроде бы как Вы подпитываете тепловую сеть показания не принимают к учету, теплосчетчик попросту бракуют.

11. При монтаже расходомеров наблюдаются случаи когда, кабели соединяются с ними таким образом, что водяной конденсат по кабелю затекает внутрь преобразователя расхода счетчика тепла, искажая сначала результат измерений, а затем приводя к выходу из строя первичного преобразователя расхода.

12. Имеются объекты, когда для измерения расхода теплоносителя и особенно горячей воды в системах с переменным расходом (различные регуляторы поддержания температуры в системе отопления или горячего водоснабжения) устанавливаются счетчики, не соответствующие реальным нагрузкам. При низком расходе погрешность приборов расхода не позволяет применять его для целей коммерческого учета тепла.

Госповерка приборов учета тепла

13. Тоже относится к системам с повышенным расходом, без ограничивающих устройств. Когда разность между подающим и обратным трубопроводом менее 3 градусов. В этом случае погрешность измерения в определенных условиях может составлять до 50% по каналу измерения температуры, а ниже 2х процентов многие теплосчетчики – счетчики тепла вообще останавливают счет.

14. При проведении проверки узлов учета тепла выявляются узлы, данные об энергопотреблении с которых передаются поставщикам тепла. При детальном рассмотрении выясняется, что часть приборов имеет просроченные сроки поверки, к тому же узлы учета не исправны. О какой погрешности измерений можно говорить в данном случае.

Подводя итог, можно сказать, что учет тепла и теплоносителя только тогда достоверен и имеет точность и погрешность измерений, определенную паспортом узла, когда узел учета тепла и тепловой энергии спроектирован, смонтирован и обслуживается квалифицированным (обученным и аттестованным) персоналом в соответствии с правилами учета тепловой энергии и теплоносителя.

Контрольные вопросы.

1. Какие методы измерений вам известны?
2. Что представляет собой средство измерений?
3. Как классифицируют средства измерений?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 26

Тема: Характеристика схем паровых котлов.

Цель работы: Изучить схемы и назначение паровых котлов

Порядок выполнения работы:

1. Дайте определение парового котла.
2. Зарисуйте три принципиальных схемы паровых котлов и опишите их конструкцию.
3. Опишите устройство парового котла и его использование.
4. Перечислите классификацию паровых котлов.

Общие сведения.

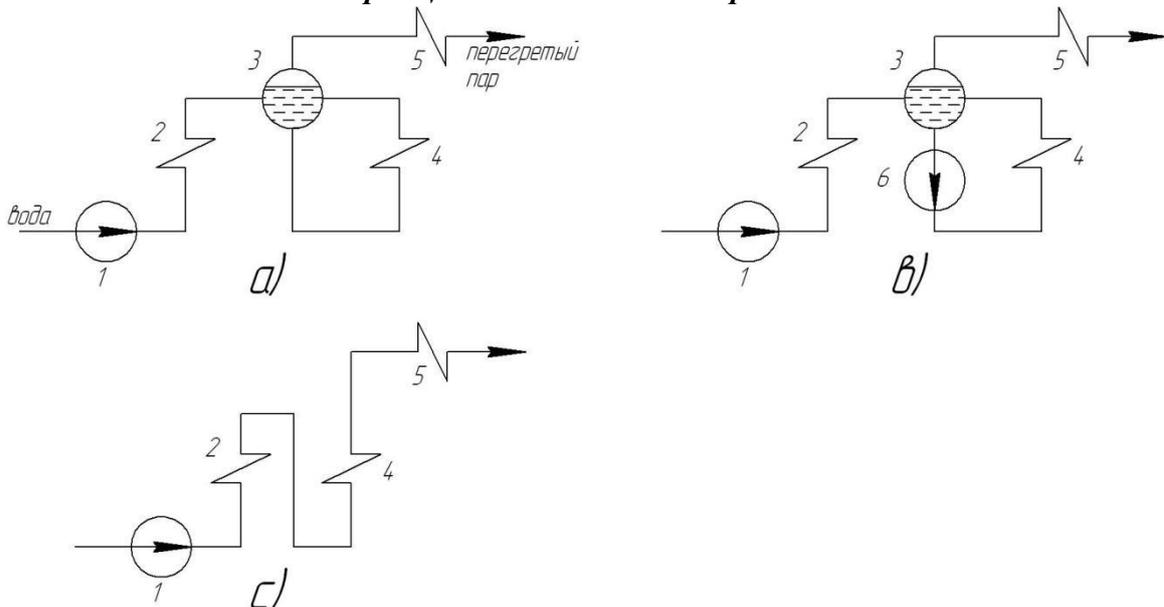
Паровой котёл — агрегат для производства пара. При этом устройство может давать 2 вида пара: насыщенный и перегретый. Насыщенный пар имеет температуру 100°C и давление 100 кПа. Перегретый пар отличается повышенной температурой (до 500°C) и высоким давлением (больше 26 МПа). паровой котел предназначен для производства пара насыщенного или перегретого.

Перегрев пара в 3 этапа:

1. Нагрев воды до состояния насыщения, кипения.
2. Испарение воды, получение насыщенного пара.
3. Получение перегретого пара.

Вода и пар в котле находятся в подвижном состоянии.

3 Принципиальных схемы паровых котлов:



- а - барабан котел с естественной циркуляцией;
 - б - барабан котел с принужденной циркуляцией;
 - с - прямоточный котел;
- 1- питательный насос
 - 2- водяной экономайзер
 - 3- барабан котла
 - 4- испарительные поверхности нагрева
 - 5- пароперегреватель
 - 6- циркуляционный насос
 - 7- циркуляционные трубы

$K = \frac{g_{\text{пар}}}{g_{\text{смеси}}}$ — массовый расход пароводяной смеси на выходе из испарительной поверхности нагрева

$g_{\text{смеси}}$ — массовый расход пара в составе пароводяной смеси

1. $K=5 \pm 30$ – (а);
2. $K=3 \pm 10$ – (в);
3. $K=1$ – (с).

K — коэффициент кратности циркуляции.

Рабочие характеристики:

- паропроизводительность ($0,16 \pm 3960$);
- давление ($0,88 \pm 25$ МПа);
- температура питательной воды ($50 \pm 270^{\circ}\text{C}$);
- температура перегретого пара ($540 \pm 560^{\circ}\text{C}$);
- КПД Брута котла ($80 \pm 92^{\circ}\text{C}$).

Использование паровых котлов:

1. В отопительной системе — пар является энергоносителем.
2. В энергетике — используются промышленные паровые машины (парогенераторы) для получения электроэнергии.
3. В промышленности — перегретый пар может быть использован для преобразования в механическое движение и перемещения транспортных средств.

Устройство парового котла

Паровой котёл представляет собой ёмкость, внутри которой нагретая вода испаряется и образует пар. Как правило — это труба различного размера.

Кроме трубы с водой, в котлах имеется топочная камера (в ней сгорает топливо).

Конструкция топки определяется видом топлива, для которого сконструирован котёл.

Если это твёрдый уголь, дрова, то внизу топочной камеры есть колосниковая решётка. На ней располагают уголь и дрова. Снизу через колосники в топочную камеру проходит воздух. Для эффективной тяги (движения воздуха и горения топлива) сверху топки устраивают [дымоход](#).

Классификация паровых котлов

Паровые котлы классифицируют по нескольким признакам. По виду топлива, на котором они работают:

- газовые;
- угольные;
- мазутные;
- электрические.

По назначению:

- бытовые;
- промышленные;
- энергетические;
- утилизационные.

По конструктивным особенностям:

- газотрубные;
- водотрубные.

Контрольные вопросы:

1. Где используются паровые котлы?
2. Перечислите классификацию паровых котлов.
3. Что такое паровой котел?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютик, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, Техническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 27

Тема: Характеристика режима щелочения паровых котлов

Цель работы: Изучить режим щелочения паровых котлов.

Порядок выполнения работы:

1. Зарисовать рис.2.
2. Произвести описание режима щелочения.
3. Выписать из таблицы необходимое количество реагентов ($\text{кг}/\text{м}^3$ водяного объема) для обеих групп котлов.

Общие сведения.

Режим щелочения паровых котлов

1. После ввода в котел щелочи и заполнения его водой до низшего уровня, начинают огневой обогрев с постепенным повышением давления в котле. Перед этим должна быть открыта продувка пароперегревателя.
2. После повышения давления до 3 ат производят обтяжку фланцевых соединений и люковых затворов котла с мягкими прокладками. Соединения с металлическими прокладками обтягивают только в холодном состоянии после остывания котла.
3. Огневой обогрев нужно вести так, чтобы не было опасного перегрева металла трубок пароперегревателя, при этом не допускать повышения температуры газов перед пароперегревателем более 500°C .
4. Для обеспечения циркуляции раствора и смывания им отставших частиц ржавчины и окалины со стенок котла следует при щелочении доводить нагрузку котла до 5-10% номинальной, сбрасывая пар через продувку пароперегревателя или растопочное устройство.
5. Во время всего процесса щелочения необходимо следить за уровнем воды (по водоуказательной колонке), не допуская перепитки котла и попадания щелочного раствора в пароперегреватель.
6. Последовательность и продолжительность (в часах) отдельных операций щелочения котлов обеих групп следующая (рис. 2):

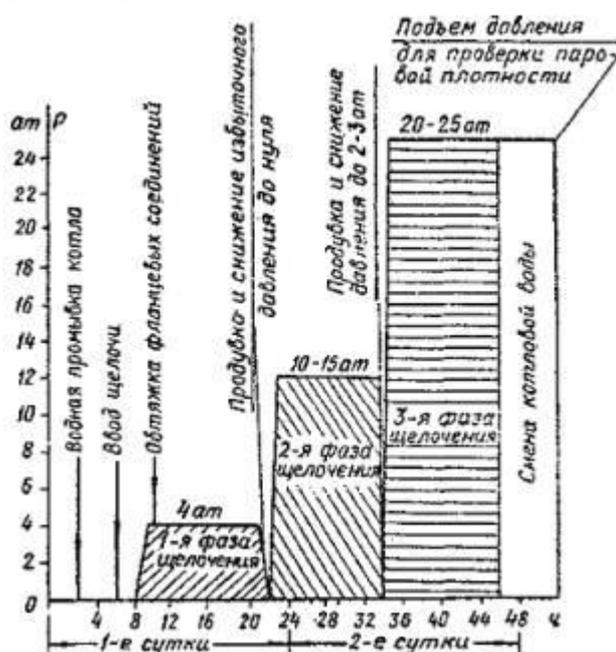


Рис. 2. График щелочения парового котла

Необходимое количество реагентов (кг/м³ водяного объема) для обеих групп котлов следующее:

	Первая группа	Вторая группа
Холодная промывка котла	4	4
Ввод раствор реагентов	4	4
Растопка котла, постепенный подъем давления до 3-4 ат; щелочение при этом давлении и нагрузке котла, равной 7-10% номинальной; обтяжка фланцевых соединений	12	12
Снижение давления до атмосферного и продувка котла из нижних точек	1	1
Подъем давления до 10-15 ат; щелочение при этом давлении и нагрузке котла, равной 7-10% номинальной	8	12
Снижение давления до 2-3 ат продувка котла из нижних точек при погашенной топке	1	1
Новый подъем давления до 20-25 ат (для котлов с давлением в 40 ат и выше) и щелочение при этом давлении и вышеуказанном расходе пара	6	12
Смена котловой воды при тех же параметрах путем многократных продувок через нижние точки котла и устройства непрерывной продувки с последующими подпитками и доведением щелочности котловой воды до эксплуатационной нормы	6	6
Итого		
Подъем давления на котле для проверки паровой плотности, регулирование предохранительных клапанов, продувка паропроводов	42	52
Расхолаживание котла, сброс воды, вскрытие барабана и нижних коллекторов для осмотра и чистки	-	-

Примечания: 1. В отдельных случаях для котлов первой группы последние операции могут быть произведены после комплексного опробования.

II. Указанная продолжительность щелочения является ориентировочной и в зависимости от местных условий может изменяться в пределах 20%.

7. Щелочность котловой воды во время щелочения (до начала смены воды в котле) не должна быть менее 75 мг-экв/кг (щелочное число 3000 мг/кг). Если щелочность снизится ниже этой величины, то нужно ввести дополнительное количество щелочи.

8. Первые продувки котла из нижних точек производят через 12 ч после начала щелочения, затем еще через 8-12 ч; наиболее интенсивные продувки как из нижних точек, так и через непрерывную продувку производят к концу щелочения с целью удаления наибольшего количества шлама и смены воды в котле с доведением щелочности до эксплуатационной нормы.

9. При забивании шламом каких-либо продувочных точек котла их следует прочистить питательной водой (под напором), которая для этой цели должна быть подведена в дренажное кольцо котла.

10. Интенсивные продувки котла из нижних точек должны быть произведены также после окончания продувки паропроводов, когда происходит взмучивание осадков в нижних коллекторах и барабанах.

11. При щелочении котлов с принудительной циркуляцией продувки из нижних коллекторов следует производить при погашенной топке и остановленном циркуляционном насосе.

12. Если щелочение производилось на исходной (сырой) воде, то для проведения проверки паровой плотности и продувки паропроводов котла необходимо сырую воду заменить химически очищенной или конденсатом.

13. По окончании проверки паровой плотности и продувки паропроводов производят вскрытие и очистку барабана и нижних коллекторов (см. п. 16). При необходимости съемные части внутрибарабанного устройства для лучшей их очистки и промывки могут быть разобраны.

14. После промывки и очистки нижних коллекторов дренажная арматура котла должна быть подвергнута ревизии. Необходимо также произвести контрольную разборку водоуказательных колонок в связи с возможностью забивания их шламом в процессе щелочения котла. Должны быть также промыты патрубки для подсоединения водоуказательных колонок к барабану.

15. Состояние поверхности нагрева котла после щелочения и промывки должно быть зафиксировано актом, составленным представителями эксплуатации, монтирующей и наладочной организаций.

Контрольные вопросы:

1. Где используются щелочение котлов?
2. Перечислите виды щелочения котла.
3. Что такое режим щелочения котлов?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 28

Тема: Характеристика режима щелочения водогрейных котлов.

Цель работы: Изучить режим щелочения водогрейных котлов.

Порядок выполнения работы:

1. Зарисовать рис.3 и описать его конструкцию.
2. Произвести описание режима щелочения.

Общие сведения

Режим щелочения водогрейных котлов

1. Перед включением в работу на теплосеть водогрейные котлы ТВМ и ТВГМ должны подвергаться водной и щелочной промывкам по внутреннему циркуляционному контуру (без теплосети) через временную перемычку диаметром 150-200 мм, смонтированную перед отключающими задвижками теплосети. В промывочный контур входят всасывающие и напорные трубопроводы сетевых и рециркуляционных насосов, котлы, технологические перемычки, подогреватели и грязевик (рис. 3).

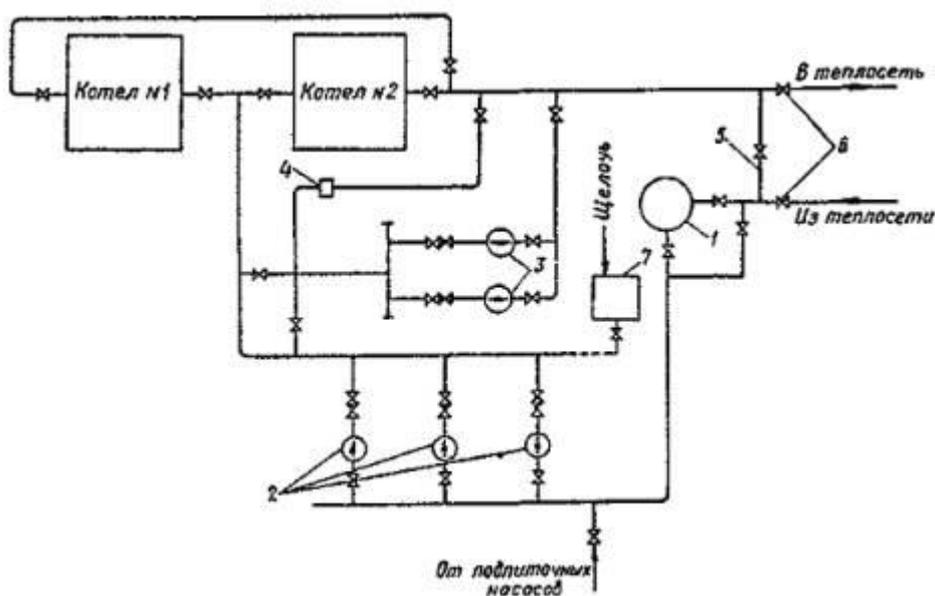


Рис. 3. Принципиальная схема промывки котлов ПТВМ

1 - грязевик; 2 - сетевой насос; 3 - насос рециркуляции; 4 - температурная перемычка; 5 - временная перемычка; 6 - запорная задвижка теплосети; 7 - бачок для раствора щелочи

2. Водную и щелочную промывки осуществляют сетевым насосом. Первоначальную водную промывку и последующую отмывку после щелочения производят при расходе воды выше номинального для создания в котле и промываемых трубопроводах необходимой скорости движения среды.

3. Как правило, производят промывку сразу двух котлов. При неготовности второго котла промывку его, а также последующих котлов производят при отключенной внешней теплосети.

4. Водную и щелочную промывки производят непосредственно перед пуском котла в работу. Разрыв между пуском котла и щелочением не должен быть более 10 дней. При более продолжительном разрыве должна быть произведена консервация котла или повторное щелочение его перед пуском.

5. Перед началом водной промывки должны быть выполнены:

- а) монтаж временной перемычки;

б) установка в грязевике поверх имеющейся дополнительной мелкой сетки с ячейками 1-2 мм, удаляемой после промывки; каких-либо других дополнительных сеток перед котлом не требуется;

в) окончание всех технологических и иных врезок (для КИП и автоматики);

г) монтаж и наладка регулятора давления подпитки.

Перед началом щелочения должны быть включены в работу контрольно-измерительные приборы (расходомер воды, манометры и термометры на входе и выходе воды из котла), а также импульсная защита котла, воздействующая на подачу топлива.

6. Перед началом водной промывки внутренний циркуляционный контур заполняют осветленной водой при открытых воздушниках. Сетевой циркуляционный насос включают и производят прокачку воды через контур с максимально возможным расходом. Во время водной промывки следует систематически продувать все нижние точки котла и дренажи трубопроводов для удаления грязи с одновременной подпиткой воды для поддержания давления в контуре. Дренаж грязевика во время промывки должен быть постоянно открытым.

Примечание. Если производительность подпиточных насосов достаточно велика, чтобы обеспечить подачу воды для промывки по разомкнутому контуру, следует выполнить временный сбросной трубопровод и промывку первое время производить со сбросом воды из промываемого контура. Водную промывку производить до полного осветления циркулирующей воды и достижения показателей ее качества исходных величин. Продолжительность водной промывки 8-12 ч в зависимости от длины и диаметров трубопроводов контура.

7. Если схемой предусмотрена технологическая перемычка циркуляционной воды помимо котла (см. [рис. 3](#)), целесообразно вести промывку сначала через эту перемычку, а после осветления воды заполнить и промыть котел.

8. При подготовке к промывке следует учитывать, по какой схеме циркуляции (двух- или четырехходовой) будет работать котел, так как от этого зависит величина номинального расхода вода через котел.

9. После окончания водной промывки воду из контура спускают, вскрывают грязевик для очистки и осмотра, устанавливают измерительные диафрагмы, после чего приступают к щелочению.

10. Щелочение водогрейных котлов осуществляют путем циркуляции в промывочном контуре 0,5-0,8%-ного (5-8 кг/м³) раствора едкого натра.

Раствор щелочи (20%-ный) готовят в небольшой емкости (1-2 м³); целесообразно вводить его в освобожденный от воды коллектор сетевых насосов или в грязевик через воздушник.

После заполнения контура горячей водой (если таковая имеется), или холодной осветленной водой пускают сетевой насос, устанавливают определенный расход воды (не ниже номинального) и производят подогрев циркулирующего раствора до 90-110°С. Подогрев можно осуществлять огневой либо паром с давлением 5-8 ата посредством барботирования во всасывающий коллектор сетевых насосов. Продолжительность щелочения устанавливают в пределах 8-12 ч в зависимости от степени загрязненности поверхностей нагрева котла. Первые продувки через нижние точки котла и дренажи трубопроводов производят через 4-6 ч после, начала щелочения; далее через каждые 2 ч.

После окончания щелочения раствор щелочи вытесняют химически очищенной водой и отмывают контур от грязи при полностью открытых дренажах и циркуляции раствора в контуре. Сброс раствора производят с помощью специального сбросного трубопровода, если таковой имеется. Подпитку контура в это время производят химически очищенной водой. Отмывку производят до получения качества циркуляционной воды, соответствующего эксплуатационным нормам. После окончания отмывки вскрывают грязевик, очищают и снимают мелкую сетку. Затем котел может быть растоплен для включения в теплосеть.

Контрольные вопросы:

1. Где используются щелочение котлов?
2. Перечислите виды щелочения котла.
3. Что такое режим щелочения котлов?

Литература:

- 1 Боровков В.М. Ремонт теплотехнического оборудования и тепловых сетей: учебник для образоват. учреждений среднего проф. образования / В. М. Боровков, А. А. Калютник, В. В. Сергеев. М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 208 с.
2. Варварин В.К. Наладка котельных установок. Учебник – М.: Россельхозиздат, 1987
3. Заяц В.Н. Котельные установки. Учебник – Свердловск, 1955
- 4 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Манюк В. И., Манюк А. И., Каплинский Я.И., Хиж Э. Б., Ильин В. К. Наука, Образование, 5ехническая литература. 2009г. Издательство: Либроком
6. Смирнов В.П. Котельные установки. Учебник - М., 1959.
7. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982, 360 страниц.

Практическое занятие № 29

Тема: Составление теплового баланса котельного агрегата по методике М.Б. Равича.

Цель работы: Составить тепловой баланс котельного агрегата по методике М.Б. Равича

Порядок выполнения работы:

1. Произвести расчет котельного агрегата по методике М.Б. Равича

Введение

Полнота передачи располагаемой теплоты топлива в котле к рабочей среде определяется коэффициентом полезного действия (КПД) котла брутто. Коэффициент полезного действия котла брутто можно определить, установив сумму тепловых потерь при его работе [4]:

$$\eta_{ка}^{бр} = 100\% - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6)$$

Такой метод определения называют методом обратного баланса. Погрешность определения КПД методом обратного баланса зависит от точности измерения тепловых потерь котлом. Каждая из них определяется со значительной погрешностью

[5] $\sigma_q = (4 - 5\%)10^{-2}$, но относительная доля тепловых потерь составляет около десятой части общей теплоты топлива.

Среднестатистические данные по тепловым потерям q_3, q_4, q_5 приведены в нормативном методе тепловых расчетов, потери теплоты топлива q_2, q_6 определяются расчетом.

Наибольшее значение из тепловых потерь имеет отвод теплоты из котла с уходящими газами q_2 . Она составляет $q_2 = 4,5-12,0\%$. При сжигании малореакционных твердых топлив (каменный уголь) в зависимости от способа сжигания могут оказаться значительными потери теплоты с механическим недожогом топлива ($q_4 = 2-5\%$). Остальные потери в сумме не превышают обычно 1%.

Целью расчетно-графической работы является определение КПД котла по упрощенной методике теплотехнических расчетов Равича и оценка погрешности его расчетов относительно расчетного.

Задание

Составить тепловой баланс котлоагрегата по упрощенной методике теплотехнических расчетов Равича М.Б. и определить КПД котла.

Исходные данные

Доля золы топлива в уносе: $a_{ун} = 0,95$;

Содержание горючих в золе-уносе: $c_{ун} = 3\%$.

Таблица 1. Техническая характеристика котлоагрегата

Основные сведения	Характеристика	
Марка котлоагрегата	ГОСТ 3619-69	Е-50-3,9
	Заводская	БКЗ-50-3,9
Производительность	т/ч	50
Параметры пара	Давление на выходе Р, МПа	3,9
	Температура t, °С	440
Топливо	Березовский бурый уголь	
Расчетный КПД брутто $\eta_{ка}^{бр}$, %	91,8	
Температура уходящих газов, °С	145	

Таблица 2. Расчетные характеристики топлива из [3]

Месторождение	Марка	Элементарный состав на рабочую массу топлива, %							Низшая теплота сгорания Q_H^P , МДж/кг, (ккал/кг)	Выход летучих V^P , %
		Влажность, W^P	Зольность, A^P	Сер а, S^P	Углер од, C^P	Водо род, H^P	Азо т, N^P	Кис лоро д, O^P		
Березовское	Б2Р								15,67(3740)	48,0
		33,0	5,4	0,26	36,3	4,3	0,6	20,2		

1. Расчет объемов воздуха и продуктов горения

Расчет объемов воздуха и продуктов горения ведется на 1кг рабочего топлива при нормальных условиях (0° С и 101,3 кПа) по [6].

Теоретический объем сухого воздуха, необходимого для полного сгорания топлива при $\alpha=1$, определяется по формуле

$$V_a^o = 0,0889(C^p + 0,375S^p) + 0,265H^p - 0,0333O^p = 0,0889(36,3 + 0,375 \cdot 0,26) + 0,265 \cdot 4,3 - 0,0333 \cdot 20,2 = 3,7025 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Теоретические объемы продуктов горения (при $\alpha=1$):

объем трехатомных газов

$$V_{RO_2} = V_{CO_2} + V_{SO_2} = 1,866 \frac{C^p}{100} + 0,375 \frac{S^p}{100} = 1,866 \frac{36,3}{100} + 0,375 \frac{0,26}{100} = 0,6783 \text{ м}^3/\text{кг};$$

объем водяных паров

$$V_{H_2O}^o = 0,0124(9H^p + W^p) + 0,0161V_a^o = 0,0124(9 \cdot 4,3 + 33) + 0,0161 \cdot 3,7025 = 0,9483 \text{ м}^3/\text{кг};$$

объем азота

$$V_{N_2}^o = 0,008N^p + 0,79V_a^o = 0,008 \cdot 0,6 + 0,79 \cdot 3,7025 = 2,9297 \text{ м}^3/\text{кг};$$

объем влажных газов

$$V_g^o = V_{RO_2} + V_{H_2O}^o + V_{N_2}^o = 0,6783 + 0,9483 + 2,9297 = 4,5563 \text{ м}^3/\text{кг};$$

объем сухих газов

$$V_{ce}^o = V_{RO_2} + V_{N_2}^o = 0,6783 + 2,9297 = 3,608 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Действительные объемы воздуха и продуктов сгорания (при $\alpha_{yx}=1,4$):

объем водяных паров

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^o + 0,0161(\alpha - 1)V_a^o = 0,9483 + 0,0161(1,4 - 1)3,7025 = 0,97216 \text{ м}^3/\text{кг};$$

объем дымовых газов

$$V_z = V_g^o + 1,0161(\alpha_{yx} - 1)V_a^o = 4,5563 + 1,0161(1,4 - 1)3,7025 = 6,061 \text{ м}^3/\text{кг};$$

объем сухих газов

$$V_{ce} = V_{RO_2} + V_{N_2}^o + (\alpha - 1)V_a^o = 0,6783 + 2,9297 + (1,4 - 1)3,7025 = 5,088 \text{ м}^3/\text{кг};$$

$$V_{ce} = V_z - V_{H_2O} = 6,061 - 0,97216 = 5,088 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

2. Определение обобщенных характеристик топлива

Жаропроизводительность топлива – температура, до которой нагревались бы образующиеся продукты сгорания, если бы сгорание происходило в адиабатических условиях без подогрева воздуха и при стехиометрическом [соответствующем строго реакции горения ($\alpha = 1$)] расходе воздуха по [6].

Жаропроизводительность топлива без учета влаги в воздухе по [4]

$$t_{\text{макс}} = \frac{Q_{\text{н}}^{\text{p}}}{1,684V_{\text{г}}^{\text{o}}} = \frac{15670}{1,684 \cdot 4,5563} = 2042,26 \text{ } ^{\circ}\text{C},$$

где $V_{\text{г}}^{\text{o}} = 4,5563 \text{ м}^3 / \text{кг}$ – объем влажных газов.

Жаропроизводительность топлива с учетом влаги в воздухе по [4]

$$t'_{\text{макс}} = t_{\text{макс}} \frac{V_{\text{г}}^{\text{o}}}{V_{\text{г}}^{\text{o}} + 0,0161V_{\text{г}}^{\text{o}}} = 2042,26 \frac{4,5563}{4,5563 + 0,0161 \cdot 3,7025} = 2015,86 \text{ } ^{\circ}\text{C}.$$

Жаропроизводительность топлива с учетом расхода теплоты на расплавление золы и влаги, содержащейся в воздухе по [4]:

$$t''_{\text{макс}} = t_{\text{макс}} \frac{V_{\text{г}}^{\text{o}}}{V_{\text{г}}^{\text{o}} + 0,0161 \cdot V_{\text{г}}^{\text{o}} + 0,0075A^{\text{p}}} = 2042,26 \frac{4,5563}{4,5563 + 0,0161 \cdot 3,7025 + 0,0075 \cdot 5,4} = 1998,35 \text{ } ^{\circ}\text{C}.$$

Максимальное теплосодержание сухих продуктов горения топлива по [4]

$$P = \frac{Q_{\text{н}}^{\text{p}}}{V_{\text{г}}^{\text{o}}} = \frac{3740}{3,608} = 1036,56 \text{ ккал/м}^3.$$

Изменение объема сухих продуктов горения в действительных условиях и при теоретических по [4]

$$h = \frac{V_{\text{г}}^{\text{o}}}{V_{\text{г}}^{\text{с}}} = \frac{5,089}{3,608} = 1,41$$

Соотношение объемов влажных и сухих продуктов горения при $\alpha = 1$ по [4]

$$\bar{B} = \frac{V_{\text{г}}^{\text{с}}}{V_{\text{г}}^{\text{o}}} = \frac{3,608}{4,5563} = 0,791$$

Отношение средней теплоемкости не разбавленных воздухом продуктов горения в температурном интервале от 0°C до $t_{\text{ух}} = 145^{\circ}\text{C}$ к их теплоемкости в температурном интервале 0°C до $t_{\text{макс}} = 2042,26^{\circ}\text{C}$ по табл. 14-12 [5] $c' = 0,835$.

Отношение средней теплоемкости 1 м^3 воздуха в температурном интервале от 0°C до $t_{\text{ух}} = 145^{\circ}\text{C}$ к теплоемкости 1 м^3 неразбавленных воздухом продуктов горения в температурном интервале от 0°C до $t_{\text{макс}} = 2042,26^{\circ}\text{C}$ по табл. 14-12 [5] $k = 0,79$.

Содержание трехатомных газов в сухих газах по [4]

$$RO_2 = \frac{V_{RO_2}}{V_{\text{г}}^{\text{с}}} 100\% = \frac{0,6783}{5,088} 100\% = 13,33\%$$

Максимальное содержание трехатомных газов в сухих газах по [4]

$$RO_{2, \text{макс}} = \frac{V_{RO_2}}{V_{\text{г}}^{\text{o}}} 100\% = \frac{0,6783}{3,608} 100\% = 18,79\%$$

3. Тепловой баланс котла по упрощенной методике теплотехнических расчетов Равича М.Б. и КПД (брутто) котлоагрегата

Составление теплового баланса котлоагрегата заключается в установлении равенства между поступившим в агрегат количеством теплоты, называемым располагаемой

теплотой Q_p^p , и суммой полезно использованной теплоты Q_1 и тепловых

потерь Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6 . На основании теплового баланса вычисляется КПД и необходимый расход топлива.

Общее уравнение теплового баланса имеет вид (в абсолютных величинах), кДж/кг:

$$Q_p^p = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

Принимая Q_p^p за 100%, находим составляющие баланса (q_i) в относительных единицах.

Тогда $100\% = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$.

КПД котлоагрегата (брутто) по обратному балансу

$$\eta_{ка}^{бп} = 100\% - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6) = 100 - (6,22 + 0 + 0,33 + 0,935 + 0,00096) = 92,51\%$$

где $q_2 = 6,22\%$ – потери теплоты с уходящими газами; $q_3 = 0\%$ – потери теплоты в котлоагрегате с химическим недожогом; $q_4 = 0,33\%$ – потери теплоты в котлоагрегате от механической неполноты сгорания топлива; $q_5 = 0,935\%$ – потери теплоты от наружного охлаждения; $q_6 = 0,00096\%$ – потери с физической теплотой шлаков.

Относительная погрешность определения КПД котлоагрегата (брутто) методом обратного баланса составила:

$$\Delta = \frac{\eta_{ка.п}^{бп} - \eta_{ка}^{бп}}{\eta_{ка.п}^{бп}} 100\% = \frac{92,51 - 91,62}{92,51} * 100\% = 0,77\%$$

Потери теплоты с уходящими газами по [4]

$$q_2 = \frac{t_{yx} - t_{xв}}{t_{макс}} [c' + (h - 1)\bar{B}k] 100\% = \frac{145 - 30}{2015,86} [0,835 + (1,41 - 1)0,791 \cdot 0,79] 100\% = 6,22\%$$

где $t_{yx} = 145^\circ\text{C}$ – температура уходящих газов; $t_{xв} = 30^\circ\text{C}$ – температура холодного воздуха; $t_{макс} = 2015,86^\circ\text{C}$ – жаропроизводительность топлива с учетом влаги в воздухе; $c' = 0,835$ – отношение средней теплоемкости не разбавленного воздухом продуктов горения в температурном интервале от 0°C до $t_{yx} = 145^\circ\text{C}$ к их теплоемкости в температурном интервале 0°C до $t_{макс} = 2042,26^\circ\text{C}$ по табл. 14-12 [5]; h – изменение объема сухих продуктов горения в реальных условиях и при теоритических; \bar{B} – соотношение объемов влажных и сухих продуктов горения при $\alpha = 1$; $k = 0,79$ отношение средней теплоемкости 1м^3 воздуха в температурном интервале от 0°C до $t_{yx} = 145^\circ\text{C}$ к теплоемкости 1м^3 неразбавленного воздухом продуктов горения в температурном интервале от 0°C до $t_{макс} = 2042,26^\circ\text{C}$ по табл. 14-12 [5].

Потери теплоты в котлоагрегате по [4] с химическим недожогом отсутствуют $q_3 = 0\%$.

Потери теплоты по [4] в котлоагрегате от механической неполноты сгорания топлива

$$q_4 = q_4^{yh} = \frac{Q_{yh} h \cdot 100}{P} = \frac{2,432 \cdot 1,41 \cdot 100}{1036,56} = 0,33\%$$

где Q_{yh} – теплота сгорания уноса, отнесенная к 1м^3 /кг продуктов горения, ккал/ м^3 ; P – максимальное теплосодержание сухих продуктов горения топлива, ккал/ м^3 .

Теплота сгорания уноса, отнесенная к 1м^3 продуктов горения [4]:

$$Q_{yh} = \frac{7800 A_p \left[a_{yh} \frac{c_{yh}}{100 - c_{yh}} \right]}{100 V_{ce}} = \frac{7800 \cdot 5,4 \left[0,95 \frac{3}{100 - 3} \right]}{100 \cdot 5,088} = 2,432 \text{ ккал/м}^3,$$

где $a_{yh} = 0,95$ – доля золы топлива в уносе; $c_{yh} = 3\%$ – содержание горючих в золе-уносе.

Потери теплоты от наружного охлаждения котлоагрегата принимаются по рис. 4-9 из [2] при номинальной нагрузке (50т/ч) и составляют $q_5 = 0,935\%$.

Потери с физической теплотой шлаков рассчитываются по формуле [6]

$$q_6 = \frac{a_{\text{шл}}(ct)_{\text{шл}} \cdot A^p}{Q_{\text{н}}^p} \cdot 100 = \frac{0,05 \cdot 0,56 \cdot 5,4}{15670} \cdot 100 = 0,00096\%$$

где $a_{\text{шл}} = 1 - a_{\text{ун}} = 1 - 0,95 = 0,05$ – доля золы в шлаке по табл.2.6 из [6]; $(ct)_{\text{шл}} = 0,56$ кДж/кг – энтальпия шлака при твердом шлакоудалении при температуре $t_{\text{шл}} = 600^\circ\text{C}$ по табл.3.5 из [6].

Заключение

В расчетно-графической работе были определены тепловые потери топлива, которые составили:

$q_2 = 6,22\%$ – потери теплоты с уходящими газами;

$q_3 = 0\%$ – потери теплоты в котлоагрегате с химическим недожогом;

$q_4 = 0,33\%$ – потери теплоты в котлоагрегате от механической неполноты сгорания топлива;

$q_5 = 0,935\%$ – потери теплоты от наружного охлаждения;

$q_6 = 0,00096\%$ – потери с физической теплотой шлаков.

Из анализа тепловых потерь следует, что в современных паровых котлах наибольшее значение имеют потери теплоты с уходящими газами q_2 , которые в основном и определяют величину КПД.

В соответствии с рассчитанной суммой тепловых потерь котла ($\sum q_{\text{пот}} = 7,485\%$) поупрощенной методике теплотехнических расчетов Равича М.Б. был определен

коэффициент полезного действия котла брутто, который составил $\eta_{\text{кка}}^{\text{бр}} = 91,8\%$.

Относительная погрешность определения КПД котла (брутто) этим методом по сравнению с расчетным (92,51%) составила $\Delta = 0,77\%$.

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходим расчет котлоагрегата?
2. По какой методике произведен расчет?

Список литературы

1. Исаев А.В. Тепловой баланс паротурбинной установки (ПТУ). Курсовая работа по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования"
2. Справочное пособие теплоэнергетика электрических станций/ под ред. А.М. Леонкова. – Минск: Беларусь, 1974. – 368 с.
3. Сорокина Л.А. Топливо и основы теории горения: учеб. пособие / Л.А. Сорокина. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. – 78 с.
4. Практические занятия по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования", 2007.
5. Трёмбовля В.И. Теплотехнические испытания котельных установок / В.И. Трёмбовля, Е.Д. Фингер, Л.А. Авдеева. – М.: Энергия, 1977. – 269 с.
6. Сорокина Л.А. Котельные установки и парогенераторы: учеб. пособие / Л.А. Сорокина, В.В. Федчишин, А.Н. Кудряшов. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2002. – 146 с

Практическое занятие № 30

Тема: Характеристика потерей теплоты с уходящими газами при сжигании газообразного топлива.

Цель работы: Изучить потери теплоты с уходящими газами при сжигании газообразного топлива.

Порядок выполнения работы:

1. Выпишите формулы потери теплоты.
2. Зарисуйте рис. 2.3-2.6 и дайте им описание.

Общие сведения.

Потеря теплоты с уходящими газами $Q_{y.g}$ ($q_{y.g}$) возникает из-за того, что физическая теплота (энтальпия) газов $H_{y.g}$, покидающих котел при температуре $t_{y.g}$, превышает физическую теплоту поступающих в котел воздуха $a_{y.g}H_{x.b}^0$ и топлива $c_T t_T$. Если пренебречь малым значением энтальпии топлива, а также теплотой золы (для твердого топлива), содержащейся в уходящих газах, потеря теплоты с уходящими газами, МДж/кг (или МДж/м³), может быть подсчитана по (2.15) или по формуле

$$Q_{y.g} = (V_{CO_2} c_{CO_2} + V_{SO_2} c_{SO_2} + V_{N_2} c_{N_2} + V_{CO} c_{CO} + V_{H_2O} c_{H_2O}) t_{y.g} - a_{y.g} H_{x.b}^0 - c_T t_T \quad (2.32)$$

Если температура окружающей среды равна нулю ($t_{x.b} = 0$), то потеря теплоты с уходящими газами равна энтальпии уходящих газов: $Q_{y.g} = H_{y.g}$. Потеря теплоты с уходящими газами занимает обычно основное место среди тепловых потерь котла, составляя 5-12% располагаемой теплоты топлива, и определяется объемом и составом продуктов сгорания, существенно зависящих от балластных составляющих топлива и от температуры уходящих газов:

$$Q_{y.g} = f(V_r^0/Q_x^p, \alpha_{y.g}, t_{y.g}). \quad (2.33)$$

Отношение V_r^0/Q_x^p , характеризующее качество топлива, показывает относительный выход газообразных продуктов сгорания (при $a=1$) на единицу теплоты сгорания топлива и зависит от содержания в нем балластных составляющих (влаги W_p и золы A_p для твердого и жидкого топлива, азота N_2 диоксида углерода CO_2 и кислорода O_2 для газообразного топлива). Так, например, для доменного газа, содержащего повышенное количество балластных составляющих ($N_2=58,5\%$; $CO_2=10,2\%$) и имеющего теплоту сгорания 4 МДж/м³, отношение на 40 % больше, чем для природного газа с высокой теплотой сгорания 35,7 МДж/м³ ($N_2=1,2\%$; $CO_2=0,1\%$). С увеличением содержания в топливе балластных составляющих и, следовательно, V_r^0/Q_x^p , потеря теплоты с уходящими газами (при прочих равных условиях) соответственно возрастает.

Одним из возможных направлений снижения потери теплоты с уходящими газами является уменьшение коэффициента избытка воздуха в уходящих газах $a_{y.g}$, который зависит от коэффициента расхода воздуха в топке a_T и балластного воздуха, присосанного в газоходы котла, находящегося обычно под разрежением:

$$\alpha_{y.g} = \alpha_T + \Delta\alpha. \quad (2.34)$$

В котлах, работающих под давлением, присосы воздуха отсутствуют. С уменьшением a_T потеря теплоты $Q_{y.g}$ ($q_{y.g}$) снижается, однако при этом в связи с уменьшением количества воздуха, подаваемого в топочную камеру, возможно появление другой потери теплоты - от химической неполноты сгорания топлива $Q_{y.g}$ ($q_{y.g}$) - см. § 2.4. Оптимальное значение a_T выбирается с учетом достижения минимального суммарного значения $q_{y.g}+q_{x.h}$ (рис. 2.3).

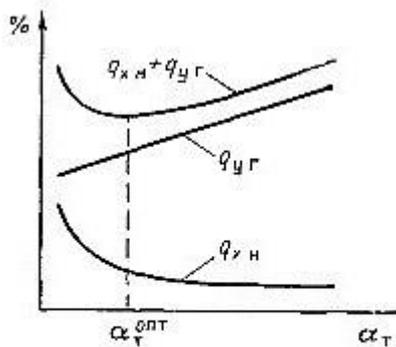


Рис. 2.3. К определению коэффициента избытка воздуха в топке котла

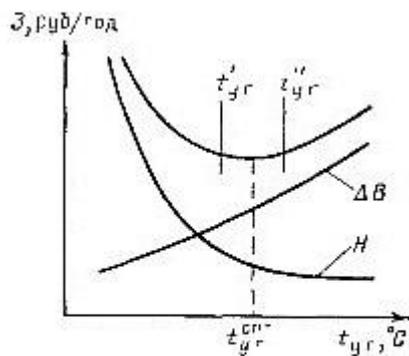


Рис. 2.4. К определению температуры уходящих газов

Возможность уменьшения α_T зависит от рода сжигаемого топлива и типа топочного устройства. При более благоприятных условиях контактирования топлива и воздуха избыток воздуха (α_T) необходимый для достижения наиболее полного горения, может быть уменьшен. При сжигании газообразного топлива, когда условия для эффективного перемешивания компонентов горения достаточно благоприятны, коэффициент избытка воздуха в топке принимают $\alpha_T < 1,1$, при сжигании мазута $\alpha_T = 1,1$, пылевидного топлива $\alpha_T = 1,2$, кускового топлива $\alpha_T = 1,3$ -М,7.

Присосы воздуха по газовому тракту котла Δa в пределе могут быть сведены к нулю. Однако полное уплотнение мест прохода труб через обмуровку, уплотнение лючков и гляделок, имеющих в газоходах и работающих под разрежением, затруднено и практически $\Delta a = 0,15/0,3$.

Балластный воздух в продуктах сгорания помимо увеличения потери теплоты $Q_{yГ}$ приводит также к дополнительным затратам электроэнергии на дымосос. Важнейшим фактором, влияющим на $Q_{yГ}$, является температура уходящих газов $t_{yГ}$. Ее снижение достигается установкой в хвостовой части котла теплоиспользующих элементов (экономайзера, воздухоподогревателя). Чем ниже температура уходящих газов и соответственно меньше температурный напор Δt между газами и нагреваемым рабочим телом (например, воздух), тем большая площадь поверхности H требуется для такого же охлаждения газа. Повышение же температуры уходящих газов приводит к увеличению потери с $Q_{yГ}$ и, следовательно, к дополнительным затратам топлива ΔB на выработку одного и того же количества пара, горячей воды или другого теплоносителя. В связи с этим оптимальная температура $t_{yГ}$ определяется на основе техникоэкономических расчетов при сопоставлении годовых затрат для теплоиспользующих элементов и топлива для различных значений $t_{yГ}$ (рис. 2.4).

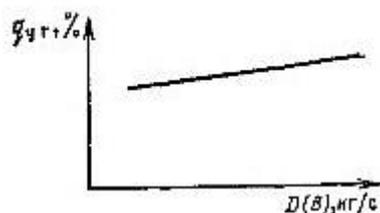


Рис. 2.5. Изменение температуры уходящих газов с изменением нагрузки

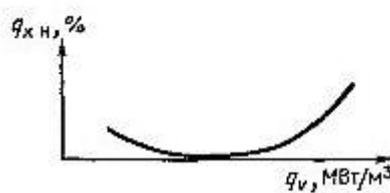


Рис. 2.6. Зависимость потери теплоты от химической неполноты сгорания от объемной плотности тепловыделения

Оптимальная $t_{yГ}$ характеризуется минимальным значением расчетных затрат, руб/год,

$$Э = S + EK, \quad (2.35)$$

где Я - единовременные капитальные затраты на металл теплоиспользующих элементов, Е - нормативный коэффициент эффективности, равный 0,12 1/год; S - годовые эксплуатационные расходы, которые определяются следующими основными составляющими:

$$S = S_{\text{топлив}} + S_{\text{ам}} + S_{\text{т.р}} + S_{\text{э}}, \quad (2.36)$$

здесь первое слагаемое - затраты на топливо, второе - амортизационные отчисления, третье - затраты на текущий ремонт и четвертое - затраты на электроэнергию. Затраты на топливо, руб/год, определяются по формуле

$$S_{\text{топлив}} = B \left(1 + \frac{d_{\text{т}}}{100} \right) C_{\text{т}}, \quad (2.37)$$

где B - годовой расход топлива, т/год; $d_{\text{т}}$ - потери топлива при транспортировке (0,5-1%); - цена топлива, руб/т. Амортизационные отчисления, руб/год,

$$S_{\text{ам}} = aK, \quad (2.38)$$

где a - норма амортизации, 1/год. Затраты на текущий ремонт, руб/год,

$$S_{\text{т.р}} = \beta S_{\text{ам}}, \quad (2.39)$$

где β - доля затрат на текущий ремонт от амортизационных отчислений (0,15-0,25).

Затраты на электроэнергию, руб/год,

$$S_{\text{э}} = \mathcal{E}_{\text{год}} C_{\text{э}}, \quad (2.40)$$

где $\mathcal{E}_{\text{год}}$ - годовой расход электроэнергии, кВт-ч/год; - средний тариф на электроэнергию, руб/(кВт*ч).

На рис. 2.4 можно выделить область температур (от $t'_{\text{гр}}$ до $t''_{\text{гр}}$) в которой расчетные затраты отличаются незначительно. Это дает основание для выбора в качестве наиболее целесообразной температуры $t''_{\text{гр}}$, при которой, как это видно из рис. 2.4, начальные капитальные затраты будут меньше.

В ряде случаев снижение $t_{\text{гр}}$ ограничивается возможностью внешней коррозии хвостовых поверхностей нагрева (воздушного подогревателя, экономайзера) из-за конденсации на них водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания. В связи с этим выбор $t_{\text{гр}}$ зависит также от температуры питательной воды, температуры воздуха на входе в воздушный подогреватель и других факторов.

Для комбинированных энерготехнологических агрегатов, вырабатывающих технологическую и энергетическую продукцию, температура уходящих газов выбирается с учетом требований технологического процесса. Так, при обжиге колчедана уходящие газы, содержащие SO_2 , SO_3 и др., имеют высокую температуру точки росы (более 200-220 °С). В связи с этим температура газа после теплоиспользующих элементов выбирается не ниже 320 - 350 °С, чтобы исключить коррозию поверхностей нагрева и обеспечить нормальную работу электрофильтров. При производстве обесфторенных фосфатов в циклонных энерготехнологических агрегатах температура газов после теплоиспользующих элементов принимают 220- 240 °С (по условиям нормальной работы последующих технологических аппаратов).

Температура уходящих газов промышленных котлов в зависимости от их производительности и времени использования, качества и стоимости сжигаемого топлива, температуры питательной воды и поступающего воздуха принимается 110-170 °С и выше. При работе котла на относительно дорогом топливе применяют более глубокое охлаждение уходящих газов. При относительно дешевом топливе повышают температуру уходящих газов. При этом следует напомнить, что стоимость топлива в различных районах страны различна. С увеличением тепловой нагрузки котельной установки (увеличением расхода топлива B и выхода пара D) потеря теплоты с уходящими газами $t_{\text{гр}}$ в ней возрастает (рис. 2.5). Это связано с тем, что с увеличением нагрузки

соответственно увеличивается количество выделяемой теплоты в топке. Одновременно увеличиваются объем продуктов сгорания и их скорость в газоходах котла. При этом теплоотдача к конвективным поверхностям нагрева возрастает пропорционально увеличению скорости лишь в степени 0,6-0,8. Таким образом, тепловыделение превышает тепловосприятие, и температура уходящих газов с увеличением нагрузки увеличивается. Заканчивая рассмотрение потери теплоты с уходящими газами, необходимо отметить, что при работе котла на твердом топливе, а также при работе энерготехнологических агрегатов поверхности нагрева могут загрязняться золой топлива и технологическим уносом. Это приводит к существенному снижению коэффициента теплопередачи от продуктов сгорания к рабочему телу и, следовательно, к повышению $t_{уг}$. При этом для сохранения заданной паропроизводительности котельной установки приходится идти на увеличение расхода топлива. Занос поверхностей нагрева приводит также к увеличению сопротивления газового тракта котла, и при недостаточной мощности дымососа нагрузка котла снижается. В связи с этим для обеспечения нормальной эксплуатации агрегата требуется систематическая очистка его поверхностей нагрева.

При определении потери теплоты с уходящими газами, %, в соответствии с [1] учитывают уменьшение объема газов, обусловленное механической неполнотой сгорания топлива, с

$$\frac{100 - q_{м.п.}}{100}$$

введением поправки . Тогда с учетом (2.15) получаем

$$q_{у.г} = \frac{Q_{у.г}}{Q_p^p} 100 = \frac{(H_{у.г} - \alpha_{у.г} H_{х.в}^0) (100 - q_{м.п.})}{Q_p^r} . \quad (2.41)$$

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходимо производить потери расчета уходящих газов котлоагрегата?
2. Назовите формулу определения потери теплоты с уходящими газами?

Список литературы

1. Исаев А.В. Тепловой баланс паротурбинной установки (ПТУ). Курсовая работа по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования"
2. Справочное пособие теплоэнергетика электрических станций/ под ред. А.М. Леонкова. – Минск: Беларусь, 1974. – 368 с.
3. Сорокина Л.А. Топливо и основы теории горения: учеб. пособие / Л.А. Сорокина. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. – 78 с.
4. Практические занятия по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования", 2007.
5. Трёмбовля В.И. Теплотехнические испытания котельных установок / В.И. Трёмбовля, Е.Д. Фингер, Л.А. Авдеева. – М.: Энергия, 1977. – 269 с.
6. Сорокина Л.А. Котельные установки и парогенераторы: учеб. пособие / Л.А. Сорокина, В.В. Федчишин, А.Н. Кудряшов. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2002. – 146 с

Практическое занятие № 31

Тема: Характеристика потерей теплоты с уходящими газами при сжигании жидкого топлива.

Цель работы: Изучить потери теплоты с уходящими газами при сжигании жидкого топлива.

Порядок выполнения работы:

1. Опишите значение теплового баланса.
2. Выпишите все формулы для расчета тепловых потерь.
3. Решите задачу 1.

Общие сведения

Тепловой баланс любого теплотехнического агрегата характеризуется равенством между количеством подведенной и расходной теплоты: $Q_{\text{прих}} = Q_{\text{расх}}$. Обычно тепловой баланс установки составляют на единицу массы сжигаемого топлива – 1 кг твердого или жидкого топлива либо на 1 м^3 газообразного топлива. Основная составляющая приходной части баланса это теплотворность топлива $Q_{\text{п}}$. Остальные составляющие обычно невелики – физическая теплота топлива, холодного воздуха и др. Расходуемое тепло можно определить суммой полезно используемого тепла Q_1 и тепловых потерь:

$$Q_{\text{п}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \text{ ккал/кг (нм}^3\text{)},$$

где Q_2 – потеря тепла с уходящими газами;

Q_3 – потеря тепла с химической неполнотой сгорания топлива;

Q_4 – потеря тепла с механической неполнотой сгорания топлива;

Q_5 – потеря тепла в окружающую среду;

Q_6 – потеря с физическим теплом шлаков.

Уравнение (для твердого топлива) теплового баланса, выраженное в процентах от $Q_{\text{п}}$:

$$g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 + g_6 = 100 \text{ \%}.$$

Полезное тепло g_1 – это тепло выработанной тепловой энергии в горячей воде для водогрейного котла или в паре для парового котла и т.д.

Потерю тепла с уходящими газами можно определить как разность теплосодержаний, уходящих из котла газов и холодного воздуха:

$$Q_2 = Q_{\text{yx}} - Q_{\text{в}}.$$

Даже при достаточно низкой температуре уходящих газов 110–120 °С величина Q_2 составляет не менее 8–10 %.

Потеря тепла от химической неполноты горения в котле g_3 зависит от содержания продуктов неполного горения в дымовых газах (СО, Н₂, СН₄ и др.). При правильно организованном процессе горения величина g_3 близка к нулю. Но в котлах со слоевыми топками и ручной заброской топлива (ручные топки) организовать полное сгорание топлива невозможно. В этом случае потери g_3 в зависимости от вида топлива могут составлять следующие значения (в %):

антрациты – 2,0;

каменные угли – 3,0;

бурые угли – 3,5;

торф – 3,0;

щепа – 2,5;

дрова – 3,0.

Потеря тепла от механической неполноты сгорания g_4 обуславливается недожогом топлива в шлаках, уносе (золе). Применительно к самым несовершенным топкам величина g_4 составляет от 7 до 12 %.

Потеря тепла в окружающую среду g_5 зависит от большого количества факторов: вида и состояния обмуровки котла, производительности агрегата, наличия так называемых хвостовых (конвективных) поверхностей нагрева и т.п. Для котлов малой производительности при их номинальной нагрузке g_5 равно не менее 2 %. При этом со снижением фактической нагрузки котла величина g_5 возрастает.

Потеря с физическим теплом шлаков g_6 особенно заметна опять же для ручных топок – 1,0–1,5 %.

Отношение полезно использованного тепла в котле к располагаемому называется коэффициентом полезного действия (брутто). Он может быть определен: по прямому тепловому балансу:

$$h = 100 Q_1 / Q^P_n, \%$$

по обратному тепловому балансу:

$$h = 100 - \dot{a}g, \%$$

где $\dot{a}g$ – сумма тепловых потерь котла, %.

Для ручной топки h котла приближенно составит:

$$h = 100 - 9 - 3,5 - 11 - 3 - 1 = 72,5, \%$$

Коэффициент полезного действия, с учетом расходов электроэнергии и тепла на собственные нужды, называется КПД нетто:

$$h^n = h - g_{сн}, \%$$

где $g_{сн}$ – общий расход энергии (электрической и тепловой) на собственные нужды котла, отнесенный к располагаемому теплу, %.

Нормативы расходы тепла на собственные нужды, в % от номинальной нагрузки котельной, составляют:

газообразное топливо – 2,3–2,4;

слоевые и факельно-слоевые топки – 2,6–5,1;

жидкое топливо – 3,9–9,7.

Удельные расходы электроэнергии на выработку и транспортирование тепла для отопительных котельных составляет 18–20 кВт·ч/Гкал, или около 1,7 %.

Таким образом, в настоящее время в котельных с котлами со слоевым сжиганием топлива КПД нетто составляет не более

$$h^u = 72,5 - 5 - 1,7 = 65,8, \%$$

то есть полезно используется только около половины сжигаемого топлива.

Задача 1 В топке котельного агрегата паропроизводительностью $D=13,4$ кг/с сжигается подмосковный уголь марки Б2 состава: $C^p=28,7\%$; $H^p=2,2\%$; $S^p=2,7\%$; $N^p=0,6\%$; $O^p=8,6\%$; $A^p=25,2\%$; $W^p=32,0\%$. Составить тепловой баланс котельного агрегата, если известны температура топлива при входе в топку $t_T=20^\circ\text{C}$, натуральный расход топлива $B=4$ кг/с, давление перегретого пара $p_{nn}=4$ МПа, температура перегретого пара $t_{nn}=450^\circ\text{C}$, температура питательной воды $t_{ne}=150^\circ\text{C}$, величина непрерывной продувки $P=4\%$; теоретический объем воздуха, необходимый для сгорания 1 кг топлива $V^0=2,94\text{м}^3/\text{кг}$, объем уходящих газов на выходе из последнего газохода $V_{yx}=4,86\text{м}^3/\text{кг}$, температура уходящих газов на выходе из последнего газохода $\theta_{yx}=160^\circ\text{C}$, средняя объемная теплоемкость газов при постоянном давлении $c_{pyx}=1,415$ кДж/($\text{м}^3\cdot\text{K}$), коэффициент избытка воздуха за последним газоходом $\alpha_{yx}=1,48$, температура воздуха в котельной $t_6=30^\circ\text{C}$, средняя объемная теплоемкость воздуха при постоянном давлении $c_{p6}=1,297$ кДж/($\text{м}^3\cdot\text{K}$), содержание в уходящих газах оксида углерода $\text{CO}=0,2\%$ и трехатомных газов $\text{RO}_2=16,6\%$ и потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива $q_4=4\%$. Потерями теплоты с физической теплотой шлака пренебречь.

Решение: Низшую теплоту сгорания рабочей массы топлива определяем по формуле (1.12):

$$Q_n^p = 338C^p + 1025H^p - 108,5(O^p - S^p) - 25W^p = 338 \cdot 28,7 + 1025 \cdot 2,2 - 108,5(8,6 - 2,7) - 25 \cdot 32 = 10516 \text{ кДж/кг.}$$

Теплоемкость рабочей массы топлива, по формуле (2.5),

$$c_m^p = c_m^c \frac{100 - W^p}{100} + c_{H_2O} \frac{W^p}{100} = 1,088 \frac{100 - 32}{100} + 4,19 \frac{32}{100} = 2,08 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K).}$$

Физическая теплота топлива, по формуле (2.4),

$$Q_{mi} = c_m^p t_T = 2,08 \cdot 20 = 41,6 \text{ кДж/кг.}$$

Располагаемая теплота, по формуле (2.3),

$$Q^p = Q_n^p + Q_{mi} = 10516 + 41,6 = 10557,6 \text{ кДж/кг.}$$

Теплота, полезно использованная в котлоагрегате, по формуле (2.9),

$$Q_1 = \frac{D_{ne}}{B} [(i_{nn} - i_{ne}) + \frac{P}{100} (i_{кв} - i_{не})] = \frac{13,4}{4} [(3330 - 632) + \frac{4}{100} (1087,5 - 632)] = 9099 \text{ кДж/кг.}$$

$D_{ne}=D$, так как отсутствует отбор насыщенного пара.

Энтальпию пара i_{nn} находим по i_s -диаграмме: $i_{nn}=3330$ кДж/кг; энтальпию питательной и котловой воды находим по табл. 2, 3 (см. Приложение): $i_{ne}=i'=632$ кДж/кг; $i_{кв}=i'=1087,5$ кДж/кг.

Потери теплоты с уходящими газами находим по (2.12):

$$Q_2 = (V_{yx} c_{pyx} \theta_{yx} - \alpha_{yx} V^0 c_{p6} t_6) \frac{100 - q_4}{100} = (4,86 \cdot 1,415 \cdot 160 - 1,48 \cdot 2,94 \cdot 1,297 \cdot 30) \frac{100 - 4}{100} = 891 \text{ кДж/кг.}$$

Потери теплоты от химической неполноты сгорания топлива, по формуле (2.14),

$$Q_3 = 237(C^p + 0,375S^p) \text{CO} / (\text{RO}_2 + \text{CO}) = 237(28,7 + 0,375 \cdot 2,7) 0,2 / (16,6 + 0,2) = 83 \text{ кДж/кг.}$$

Потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива, по формуле (2.17),

$$Q_4 = \frac{q_4 Q^p}{100} = \frac{4 \cdot 10557,6}{100} = 422,3 \text{ кДж/кг.}$$

Потери теплоты в окружающую среду, по формуле (2.18),

$$Q_5 = Q^p - (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) = 10557,6 - (9099 + 891 + 83 + 422,3) = 62,3 \text{ кДж/кг.}$$

Составляющие теплового баланса:

$$q_1 = \frac{Q_1}{Q_p^p} 100 = \frac{9099}{10557,6} 100 = 86,2\%;$$

$$q_2 = \frac{Q_2}{Q_p^p} 100 = \frac{891}{10557,6} 100 = 8,4\%;$$

$$q_3 = \frac{Q_3}{Q_p^p} 100 = \frac{83}{10557,6} 100 = 0,8\%;$$

$$q_5 = \frac{Q_5}{Q_p^p} 100 = \frac{63}{10557,6} 100 = 0,6\%.$$

Тепловой баланс котельного агрегата согласно уравнению (2.1)

$$Q_p^p = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 9099 + 891 + 83 + 422,3 + 62,3 = 10557,6 \text{ кДж/кг,}$$

или в процентах от располагаемой теплоты топлива согласно уравнению (2.2)

$$q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 = 86,2 + 8,4 + 0,8 + 4 + 0,6 = 100\%.$$

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходим тепловой расчет котлоагрегата?
2. Назовите формулу теплового баланса?

Список литературы

1. Исаев А.В. Тепловой баланс паротурбинной установки (ПТУ). Курсовая работа по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования"
2. Справочное пособие теплотехника электрических станций/ под ред. А.М. Леонкова. – Минск: Беларусь, 1974. – 368 с.
3. Сорокина Л.А. Топливо и основы теории горения: учеб. пособие / Л.А. Сорокина. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. – 78 с.
4. Практические занятия по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования", 2007.
5. Трёмбовля В.И. Теплотехнические испытания котельных установок / В.И. Трёмбовля, Е.Д. Фингер, Л.А. Авдеева. – М.: Энергия, 1977. – 269 с.
6. Сорокина Л.А. Котельные установки и парогенераторы: учеб. пособие / Л.А. Сорокина, В.В. Федчишин, А.Н. Кудряшов. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2002. – 146 с

Практическое занятие № 32

Тема: Характеристика котельной установки и её элементы.

Цель работы: Изучить элементы котельной установки.

Порядок выполнения работы:

1. Дайте определение котельной установки.
2. Зарисуйте рис. 1 и 2.
3. Опишите конструкцию рис 1 и 2.
4. Перечислите основные и вспомогательные элементы оборудования.

Котельная установка – это комплекс устройств, предназначенных для получения пара или горячей воды. Котельные установки предназначаются для выработки и отпуска водяного пара или подогретой воды. При выработке пара они именуются паровыми котельными установками, при подогреве воды — водогрейными котельными установками. В паровых котельных установках рабочее тело (вода) меняет свое агрегатное состояние, переходя из жидкого состояния в парообразное; в водогрейных котельных установках изменения агрегатного состояния воды не происходит.

В зависимости от назначения котельная установка состоит из парового или водогрейного котла и вспомогательного оборудования, обеспечивающего его работу. Процесс получения водяного пара или подогретой воды осуществляется в котельном агрегате, состоящем из основных и вспомогательных элементов.

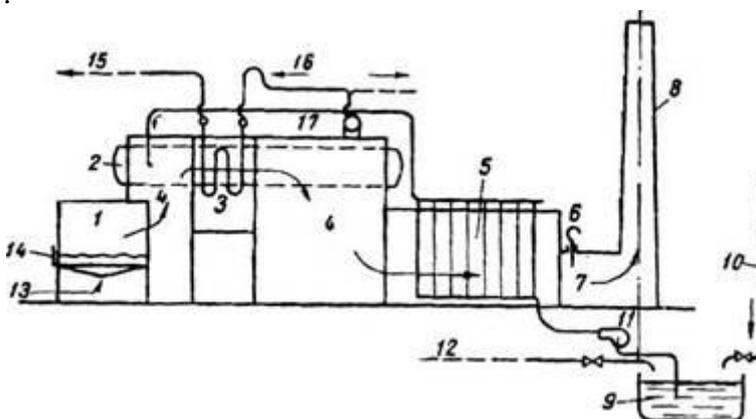


Рис. 1. Схема котельного агрегата:

У —топка; 2 — котел; 3 — пароперегреватель; 4 — дымоходы; 5 —водяной экономайзер; 6 — заслонка; 7 — боров; 8 — дымовая труба; 9 — питательный бак; 10 — добавочная вода; 11 — питательный насос; 12 — возврат конденсата; 13 — воздух; 14 — топливо; 15 — перегретый пар; 16 — насыщенный пар; 17 — горячая вода.

Котельная установка состоит из котельных агрегатов и вспомогательных устройств.

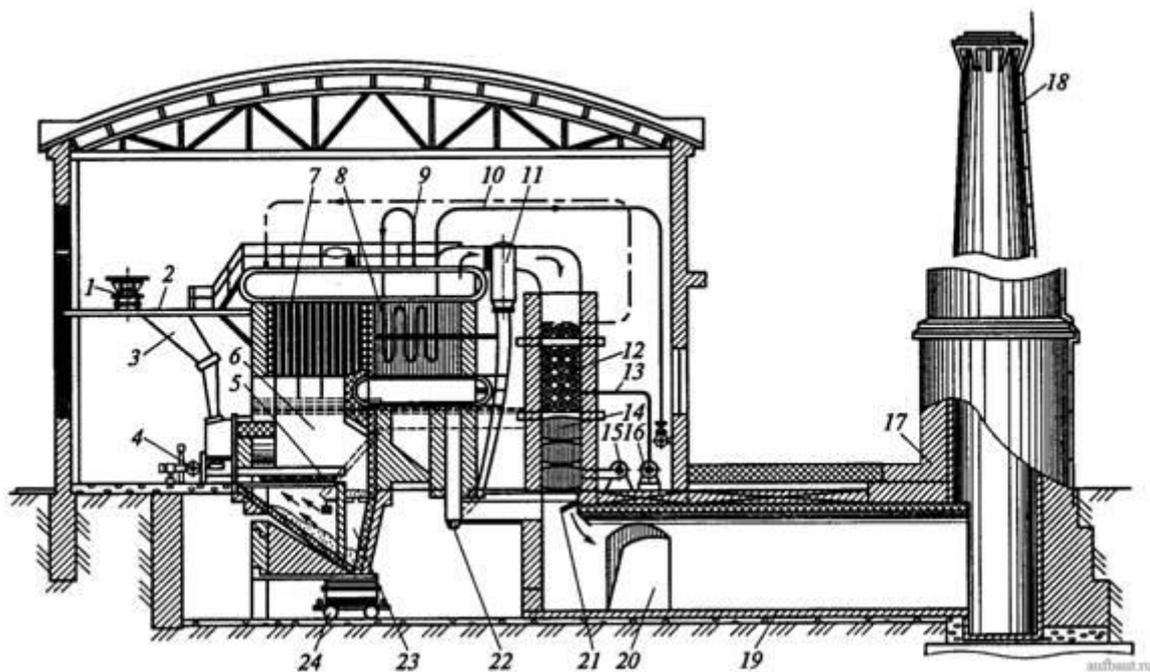


Рисунок 2. Котельная установка:

1 - вагонетка для подвоза топлива; 2 - металлическая решетка; 3 - бункер для топлива; 4 - механизм подачи топлива в топку; 5 - колосниковая решетка; 6 - топка; 7 - вертикально-водотрубный паровой котел; 8 - пароперегреватель; 9 - паропровод насыщенного пара; 10 – паропровод перегретого пара; 11 - пылезолоуловитель; 12 - водяной экономайзер; 13 - трубопровод питательной воды; 14 - воздухоподогреватель; 15 - дутьевой вентилятор; 16 - питательный насос; 17- дымовая труба; 18 - молниепровод; 19 - сборный боров; 20 - боров от других котлов; 21 - поворотная заслонка регулирования тяги; 22 - золовый бункер; 23 – шлаковый бункер; 24 - вагонетка для удаления шлака и золы

К основным элементам оборудования котельной установки (рис. 2) относятся:

паровой котел 7 - обогреваемый топочными газами закрытый теплообменный аппарат, служащий для получения насыщенного пара давлением более 1 МПа, используемого вне самого аппарата;

топка 6 - топливосжигающее устройство, в котором происходит выделение теплоты в процессе горения топлива;

пароперегреватель 8 - обогреваемый топочными газами теплообменный аппарат, предназначенный для перегрева насыщенного пара;

экономайзер 12 - теплообменный аппарат для подогрева питательной воды (до ее поступления в котел) за счет использования теплоты продуктов сгорания;

воздухоподогреватель 14 - теплообменный аппарат для подогрева воздуха (перед его поступлением в топочное устройство) за счет использования теплоты продуктов сгорания.

Совокупность перечисленных выше основных элементов оборудования представляет собой котельный агрегат (сокращенно котлоагрегат).

К вспомогательным элементам оборудования котельной установки относятся:

-тяговая установка, отсасывающая дымовые газы из газоходов котлоагрегатов и выбрасывающая их через дымовую трубу 17 в атмосферу;

-дутьевая установка, представляющая собой вентилятор 15, который нагнетает воздух по воздухопроводам в топку;

-питательная установка, состоящая из питательных насосов 16 и трубопроводов, предназначенных для питания котлоагрегатов водой;

-водоподготовительная установка, предназначенная для химической очистки питательной воды (на рис. 1 не показана);

- паропроводы - стальные трубопроводы 9 и 10 для транспортирования пара соответственно между элементами котлоагрегатов и от котлоагрегатов к потребителям;
- топливоподающее устройство (вагонетка) 1 - для подачи топлива с топливного склада в котельную;
- топливный бункер 3 (топливохранилище) - для образования некоторого запаса топлива в котельной;
- золоудаляющее устройство (элементы 22...24) - для удаления из котлоагрегатов золы и шлаков и транспортирования их из котельной на отвалы;
- золоулавливающее устройство - аппараты 11 для улавливания летучей золы из дымовых газов на выходе их из котлоагрегатов в целях борьбы с засорением окружающей среды частицами золы, вылетающими из дымовых труб.

Производительность котельной установки складывается из паропроизводительности отдельных котлов, входящих в ее состав.

Паропроизводительность котла - это количество пара (в тоннах или килограммах), производимого котлом в единицу времени. Этот параметр обозначают буквой D и измеряют в т/ч, кг/ч или кг/с.

Важной характеристикой котла является его поверхность нагрева F , измеряемая в квадратных метрах (m^2).

Поверхностью нагрева котла называют площадь всех поверхностей металлических стенок, омываемых с одной стороны горячими газами, а с другой, - рабочим телом (водой или пароводяной смесью). Поверхность нагрева обычно подсчитывают со стороны, обогреваемой газами.

Поверхность нагрева, получающая теплоту главным образом в результате излучения пламени или горящего слоя топлива, носит **название радиационной**. Радиационные поверхности нагрева, воспринимающие теплоту исключительно за счет излучения в топке, **называют топочными экранами**. Поверхность нагрева, которой теплота передается главным образом в результате соприкосновения с этой поверхностью горячих движущихся газов, **носит название конвективной**

Контрольные вопросы:

1. Что такое паропроизводительность котла?
2. Что такое поверхность нагрева?
3. Что такое топочные экраны?

Список литературы

1. Исаев А.В. Тепловой баланс паротурбинной установки (ПТУ). Курсовая работа по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования"
2. Справочное пособие теплоэнергетика электрических станций/ под ред. А.М. Леонкова. – Минск: Беларусь, 1974. – 368 с.
3. Сорокина Л.А. Топливо и основы теории горения: учеб. пособие / Л.А. Сорокина. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. – 78 с.
4. Практические занятия по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования", 2007.
5. Трёмбовля В.И. Теплотехнические испытания котельных установок / В.И. Трёмбовля, Е.Д. Фингер, Л.А. Авдеева. – М.: Энергия, 1977. – 269 с.
6. Сорокина Л.А. Котельные установки и парогенераторы: учеб. пособие / Л.А. Сорокина, В.В. Федчишин, А.Н. Кудряшов. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2002. – 146 с

Практическое занятие № 33

Тема: Расчет объемов воздуха и продуктов сгорания.

Цель работы: Рассчитать объем воздуха и продуктов сгорания.

Порядок выполнения работы:

1. Произвести расчет объема воздуха и продуктов сгорания

Объемы воздуха продуктов сгорания

1 Объем воздуха, теоретически необходимый для полного сгорания твердого топлива.

$$\begin{aligned}V^0 &= 0,0889 \cdot (C^P + 0,375 \cdot S_{0+K}^P) + 0,265 \cdot H^P - 0,0333 \cdot O^P = \\ &= 0,0889 \cdot (35,7 + 0,375 \cdot 0,3) + 0,265 \cdot 2,9 - 0,0333 \cdot 12,1 = 3,549 \frac{\text{М}^3}{\text{кг}}\end{aligned}$$

2 Теоретический объем азота

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,8 \cdot \frac{N^P}{100} = 0,79 \cdot 3,549 + 0,8 \cdot \frac{0,7}{100} = 2,809 \frac{\text{М}^3}{\text{кг}}$$

3 Теоретический объем водяных паров

$$V_{H_2O}^0 = 0,111 \cdot H^P + 0,0124 \cdot W^P + 0,0161 \cdot V^0 = 0,111 \cdot 2,9 + 0,0124 \cdot 24,0 + 0,0161 \cdot 3,549 = 0,677 \frac{\text{М}^3}{\text{кг}}$$

4 Объем трехатомных газов

$$V_{RO_2}^0 = 1,866 \cdot \frac{C^P + 0,375 \cdot S_{0+K}^P}{100} = 1,866 \cdot \frac{35,7 + 0,375 \cdot 0,3}{100} = 0,668 \frac{\text{М}^3}{\text{кг}}$$

5 Коэффициент избытка воздуха

5.1 Коэффициент избытка воздуха за ширмовым пароперегревателем (фестоном)

$$\alpha''_{\text{шп}} = \alpha_T + \Delta\alpha_{\text{шп}} = 1,2 + 0,00 = 1,2$$

$$\alpha^{cp}_{\text{шп}} = \frac{\alpha_T + \alpha''_{\text{шп}}}{2} = \frac{1,2 + 1,2}{2} = 1,2$$

5.2 Коэффициент избытка воздуха за конвективным пароперегревателем

$$\alpha''_{\text{кв}} = \alpha_T + \Delta\alpha_{\text{шп}} + \Delta\alpha_{\text{кв}} = 1,2 + 0,00 + 0,03 = 1,23$$

$$\alpha^{cp}_{\text{кв}} = \frac{\alpha''_{\text{шп}} + \alpha''_{\text{кв}}}{2} = \frac{1,2 + 1,23}{2} = 1,215$$

5.3 Коэффициент избытка воздуха за второй ступенью водяного экономайзера

$$\alpha''_{BЭ2} = \alpha_T + \Delta\alpha_{\text{шп}} + \Delta\alpha_{\text{кв}} + \Delta\alpha_{BЭ2} = 1,2 + 0,00 + 0,03 + 0,02 = 1,25$$

$$\alpha^{cp}_{BЭ2} = \frac{\alpha''_{\text{кв}} + \alpha''_{BЭ2}}{2} = \frac{1,23 + 1,25}{2} = 1,24$$

5.4 Коэффициент избытка воздуха за второй ступенью воздухоподогревателя

$$\alpha''_{BП2} = \alpha_T + \Delta\alpha_{\text{шп}} + \Delta\alpha_{\text{кв}} + \Delta\alpha_{BЭ2} + \Delta\alpha_{BП2} = 1,2 + 0,00 + 0,03 + 0,02 + 0,03 = 1,28$$

$$\alpha^{cp}_{BП2} = \frac{\alpha''_{BЭ2} + \alpha''_{BП2}}{2} = \frac{1,25 + 1,28}{2} = 1,265$$

5.5 Коэффициент избытка воздуха за первой ступенью водяного экономайзера

$$\alpha''_{BЭ1} = \alpha_T + \Delta\alpha_{\text{шп}} + \Delta\alpha_{\text{кв}} + \Delta\alpha_{BЭ2} + \Delta\alpha_{BП2} + \Delta\alpha_{BЭ1} = 1,2 + 0,00 + 0,03 + 0,02 + 0,03 + 0,02 = 1,3$$

$$\alpha^{cp}_{BЭ1} = \frac{\alpha''_{BП2} + \alpha''_{BЭ1}}{2} = \frac{1,28 + 1,3}{2} = 1,29$$

5.6 Коэффициент избытка воздуха за первой ступенью воздухоподогревателя

$$\alpha''_{ВП1} = \alpha_T + \Delta\alpha_{шпп} + \Delta\alpha_{кпп} + \Delta\alpha_{БЭ2} + \Delta\alpha_{ВП2} + \Delta\alpha_{БЭ1} + \Delta\alpha_{ВП1} =$$

$$= 1,2 + 0,00 + 0,03 + 0,02 + 0,03 + 0,02 + 0,03 = 1,33$$

$$\alpha^{cp}_{ВП1} = \frac{\alpha_{БЭ1} + \alpha''_{ВП1}}{2} = \frac{1,3 + 1,33}{2} = 1,315$$

6 Действительный объем водяных паров

6.1 Действительный объем водяных паров в топке за фестоном

$$V_{шпп}^{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha^{cp}_{шпп} - 1) \cdot V^0 = 0,677 + 0,0161 \cdot (1,2 - 1) \cdot 3,549 = 0,688 \frac{M^3}{KZ}$$

6.2 Действительный объем водяных паров за конвективным пароперегревателем

$$V_{кпп}^{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha^{cp}_{кпп} - 1) \cdot V^0 = 0,677 + 0,0161 \cdot (1,215 - 1) \cdot 3,549 = 0,689 \frac{M^3}{KZ}$$

6.3 Действительный объем водяных паров за второй ступенью водяного экономайзера

$$V_{БЭ2}^{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha^{cp}_{БЭ2} - 1) \cdot V^0 = 0,677 + 0,0161 \cdot (1,24 - 1) \cdot 3,549 = 0,691 \frac{M^3}{KZ}$$

6.4 Действительный объем водяных паров за второй ступенью воздухоподогревателя

$$V_{ВП2}^{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha^{cp}_{ВП2} - 1) \cdot V^0 = 0,677 + 0,0161 \cdot (1,265 - 1) \cdot 3,549 = 0,692 \frac{M^3}{KZ}$$

6.5 Действительный объем водяных паров за первой ступенью водяного экономайзера

$$V_{БЭ1}^{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha^{cp}_{БЭ1} - 1) \cdot V^0 = 0,677 + 0,0161 \cdot (1,29 - 1) \cdot 3,549 = 0,694 \frac{M^3}{KZ}$$

6.6 Действительный объем водяных паров за первой ступенью воздухоподогревателя

$$V_{ВП1}^{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha^{cp}_{ВП1} - 1) \cdot V^0 = 0,677 + 0,0161 \cdot (1,315 - 1) \cdot 3,549 = 0,695 \frac{M^3}{KZ}$$

7 Полный объем продуктов сгорания

7.1 Полный объем продуктов сгорания в топке за фестоном

$$V_{шпп}^I = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H_2O} + (\alpha^{cp}_{шпп} - 1) \cdot V^0 = 0,668 + 2,809 + 0,688 + (1,2 - 1) \cdot 3,549 = 4,875 \frac{M^3}{KZ}$$

7.2 Полный объем продуктов сгорания за конвективным пароперегревателем

$$V_{кпп}^I = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H_2O} + (\alpha^{cp}_{кпп} - 1) \cdot V^0 = 0,668 + 2,809 + 0,689 + (1,215 - 1) \cdot 3,549 = 4,929 \frac{M^3}{KZ}$$

7.3 Полный объем продуктов сгорания за второй ступенью водяного экономайзера

$$V_{БЭ2}^I = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H_2O} + (\alpha^{cp}_{БЭ2} - 1) \cdot V^0 = 0,668 + 2,809 + 0,691 + (1,24 - 1) \cdot 3,549 = 5,02 \frac{M^3}{KZ}$$

7.4 Полный объем продуктов сгорания за второй ступенью воздухоподогревателя

$$V_{ВП2}^I = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H_2O} + (\alpha^{cp}_{ВП2} - 1) \cdot V^0 = 0,668 + 2,809 + 0,692 + (1,265 - 1) \cdot 3,549 = 5,109 \frac{M^3}{KZ}$$

7.5 Полный объем продуктов сгорания за первой ступенью водяного экономайзера

$$V_{БЭ1}^I = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H_2O} + (\alpha^{cp}_{БЭ1} - 1) \cdot V^0 = 0,668 + 2,809 + 0,694 + (1,29 - 1) \cdot 3,549 = 5,2 \frac{M^3}{KZ}$$

7.6 Полный объем продуктов сгорания за первой ступенью воздухоподогревателя

$$V_{ВП1}^I = V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + V_{H_2O} + (\alpha^{cp}_{ВП1} - 1) \cdot V^0 = 0,668 + 2,809 + 0,695 + (1,315 - 1) \cdot 3,549 = 5,29 \frac{M^3}{KZ}$$

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходим расчет объема воздуха и продуктов сгорания?

Список литературы

1. Исаев А.В. Тепловой баланс паротурбинной установки (ПТУ). Курсовая работа по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования"
2. Справочное пособие теплоэнергетика электрических станций/ под ред. А.М. Леонкова. – Минск: Беларусь, 1974. – 368 с.
3. Сорокина Л.А. Топливо и основы теории горения: учеб. пособие / Л.А. Сорокина. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. – 78 с.
4. Практические занятия по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования", 2007.
5. Трёмбовля В.И. Теплотехнические испытания котельных установок / В.И. Трёмбовля, Е.Д. Фингер, Л.А. Авдеева. – М.: Энергия, 1977. – 269 с.
6. Сорокина Л.А. Котельные установки и парогенераторы: учеб. пособие / Л.А. Сорокина, В.В. Федчишин, А.Н. Кудряшов. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2002. – 146 с

Практическое занятие № 34

Тема: Расчет по данным газового анализа.

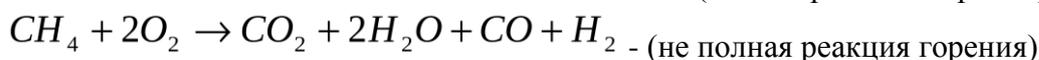
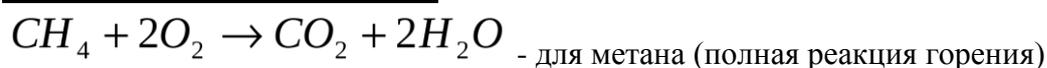
Цель работы – изучить методы и освоить практические навыки расчётов горения топлива на примере сжигания смеси газов.

Порядок выполнения работы:

1. Опишите основные понятия и определения: Теплота сгорания топлива, Количество необходимого для горения окислителя, Теоретическая и калориметрическая температура горения, Энтальпия
2. Опишите задачу из практической части.

Общие сведения.

1) Теплота сгорания топлива:



При горении топлива, выделяется большое количество тепла. Как видно из реакции в продуктах сгорания присутствуют пары воды. В зависимости от того, в каком виде водяной пар находится в дымовых газах, различают **высшую** и **низшую** теплоту сгорания топлива.

Высшая теплота сгорания (Q_H^P) соответствует условию, при котором продукты горения охлаждаются до $20^\circ C$ (293 К), а пары воды конденсируются и охлаждаются до $20^\circ C$. При этом выделяется две составляющие тепла: теплота нагрева с 293 К до 373 К (418 кДж/кг), а также скрытая теплота парообразования испарения 2256,8 кДж/кг. Итого выделяется 2675,5 кДж/кг.

Низшая теплота сгорания (Q_H^P) соответствует условию, при котором содержащаяся в продуктах сгорания влага в виде пара охлаждается до температуры $20^\circ C$ и не конденсируется. При этом выделяется: $g = 1 \cdot 2,4 \cdot (373 - 293) \approx 164 \text{ кДж}$

$$Q_B^P \gg Q_H^P,$$

На практике в реальных условиях к сожалению, выделяется только низшая теплота сгорания.

2) Количество необходимого для горения окислителя (воздуха):

Количество окислителя определяется по уравнению реакции горения. Определённое количество является теоретическим. Для реального сжигания всегда подают несколько большее количество окислителя, т.к. есть потери. На 10 – 20 % больше.

Коэффициент избытка воздуха: $n = \frac{V_P}{V_T} = 1,1 \div 1,2$

V_P - реальный объём, V_T - теоретический объём.

3) Температура горения: теоретическая и калориметрическая:

Необходимость введения двух определений связано с двумя возможными подходами процесса горения. А именно, с учётом или игнорированием затрат тепла на диссоциацию продуктов сгорания. Соответственно различают: теоретическую и калориметрическую температуру горения топлива:

$$T_T = Q_H^P - g_{\text{дис}} / C_V \cdot V_{\text{пр.сг.}}$$

$$T_K = Q_H^P / C_v \cdot V_{np.cг.}$$

$g_{дис}$ - теплота диссоциации.

$$T_K > T_T$$

$$T_T \approx (0,7 \div 0,8) \cdot T_K$$

4) Энтальпия:

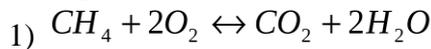
Это понятие является одним из фундаментальных в теплотехнике и термодинамике. По определению энтальпия представляет из себя произведение теплоёмкости на температуру:

$$i_0 = C_v \cdot Q_H^P / C_v \cdot V_{np.cг.} = \frac{Q_H^P}{V_{np.cг.}}$$

Практическая часть

Рассмотрим горение газа состоящего из: 1) 93,48% метана (CH_4); 2) 3,85% этана (C_2H_6); 3) 0,67% пропана (C_3H_8); 4) 0,3% бутана (C_4H_{10}); 0,75% углекислого газа (CO_2) и 0,95% азота (N_2). Найти объём сгорания количества кислорода, T_K и T_T .

I. Определение необходимого количества воздуха:



Из реакции видно, что для горения 1 моля CH_4 нужно 2 моля O_2 . 1 моль любого газа занимает $22,4 \text{ м}^3$, это значит, что для сжигания 1 м^3 метана, нужно $2 \text{ м}^3 O_2$.

$$V_{O_2} = 0,9348 \cdot 2 = 1,8696(\text{м}^3)$$

Известно, что в сухом воздухе содержится 21% O_2 , а остальное азот (N_2), 79%.

$$\frac{V_{N_2}}{V_{O_2}} = \frac{79}{21} = 3,762$$

$$V_{возд} = 1,8696 + 3,762 \cdot 1,8696 = 8,903(\text{м}^3)$$

2) - для этана;

$$V_{O_2} = 0,0385 \cdot 3,5 = 0,1348(\text{м}^3)$$

$$\frac{V_{N_2}}{V_{O_2}} = \frac{79}{21} = 3,762$$

$$V_{возд} = 0,1348 + 3,762 \cdot 0,1348 = 0,6417(\text{м}^3)$$

3) $C_3H_8 + 5O_2 \leftrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$ - для пропана;

$$V_{O_2} = 0,0067 \cdot 5 = 0,0335(\text{м}^3)$$

$$\frac{V_{N_2}}{V_{O_2}} = \frac{79}{21} = 3,762$$

4) $C_4H_{10} + 6,5O_2 \leftrightarrow 4CO_2 + 5H_2O$ - для бутана;

$$V_{O_2} = 0,003 \cdot 6,5 = 0,0195(\text{м}^3)$$

$$\frac{V_{N_2}}{V_{O_2}} = \frac{79}{21} = 3,762$$

$$V_{возд} = 0,0195 + 3,762 \cdot 0,0195 = 0,09286(\text{м}^3)$$

Поскольку, реальное топливо – это смесь горючих газов, то общий расход воздуха определяется суммированием для отдельно горючих компонентов.

$$V_{\text{возд(общ)}} = 8,903 + 0,6417 + 0,1595 + 0,0929 = 9,797(\text{м}^3)$$

II. Определение состава и количества продуктов сгорания:

Состав продуктов сгорания: $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{N}_2$.

В состав объёма азота войдёт также азот из окислителя (воздуха).

1) для метана:

$$V_{\text{CO}_2} = 0,9348 + 0,0075 = 0,9423(\text{м}^3); \quad V_{\text{H}_2\text{O}} = 1,8696(\text{м}^3); \quad V_{\text{N}_2} = 7,033(\text{м}^3)$$

$$V_{\text{пр.сг}} = 0,9423 + 1,8696 + 7,033 = 9,939(\text{м}^3) \quad \text{- суммарный объём продуктов сгорания.}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 9,48\%, \quad V_{\text{H}_2\text{O}} = 18,81\%, \quad V_{\text{N}_2} = 71,72\%;$$

2) для этана:

$$V_{\text{CO}_2} = 0,0845(\text{м}^3); \quad V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,0201(\text{м}^3); \quad V_{\text{N}_2} = 0,0855(\text{м}^3)$$

$$V_{\text{пр.сг}} = 0,0845 + 0,0201 + 0,0855 = 0,1901(\text{м}^3) \quad \text{- суммарный объём продуктов сгорания.}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 44,4\%, \quad V_{\text{H}_2\text{O}} = 10,57\%, \quad V_{\text{N}_2} = 45,03\%;$$

3) для пропана:

$$V_{\text{CO}_2} = 0,0276(\text{м}^3); \quad V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,0268(\text{м}^3); \quad V_{\text{N}_2} = 0,1103(\text{м}^3)$$

- суммарный объём продуктов сгорания.

$$V_{\text{CO}_2} = 16,75\%, \quad V_{\text{H}_2\text{O}} = 16,27\%, \quad V_{\text{N}_2} = 66,98\%;$$

4) для бутана:

$$V_{\text{CO}_2} = 0,0195(\text{м}^3); \quad V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,015(\text{м}^3); \quad V_{\text{N}_2} = 0,066(\text{м}^3)$$

$$V_{\text{пр.сг}} = 0,0195 + 0,015 + 0,066 = 0,10043(\text{м}^3) \quad \text{- суммарный объём продуктов сгорания.}$$

$$V_{\text{CO}_2} = 19,42\%, \quad V_{\text{H}_2\text{O}} = 14,94\%, \quad V_{\text{N}_2} = 65,64\%;$$

Суммируем объёмы продуктов сгорания 4-х газов:

$$V_{\text{пр.сг(общ)}} = 9,939 + 0,1901 + 0,16470 + 0,10043 = 10,39(\text{м}^3);$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 1,9315(\text{м}^3); \quad V_{\text{N}_2} = 7,2948(\text{м}^3)$$

$$V_{\text{CO}_2} = 10,33\%, \quad V_{\text{H}_2\text{O}} = 18,59\%, \quad V_{\text{N}_2} = 71,08\%.$$

III. Определение calorиметрической и теоретической температуры:

Как видно, для расчёта calorиметрической температуры нужно знать Q_H^P , $V_{\text{пр.сг.}}$, C_v .

Требуемую для расчёта Q_H^P находят расчётным путём, зная тепловые эффекты реакции горения (таблица) и входящие в состав топлива доли соединений.

$$Q_H^P = 358 \cdot \text{CH}_4 + 636 \cdot \text{C}_2\text{H}_6 + 913 \cdot \text{C}_3\text{H}_8 + 1185 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10}; \quad (\text{кДж} / \text{м}^3);$$

$$Q_H^P = 33465,84 + 2448,6 + 611,71 + 355,5 = 36881,65(\text{кДж} / \text{м}^3).$$

Для определения температуры, воспользуемся понятием энтальпии и определим

энтальпию продуктов сгорания i_o :

$$i_o = \frac{Q_H^P}{V_{\text{пр.сг.}}}; \quad i_o = \frac{36881,65}{9,939} = 3710,8(\text{кДж} / \text{м}^3);$$

С другой стороны, i_o есть сумма энтальпий конкретно составляющих продукты сгорания: $i_o = i_{CO_2} + i_{H_2O} + i_{N_2}$

Зададимся возможной температурой продуктов сгорания $2200^\circ C$ и найдём энтальпию продуктов сгорания при этой температуре:

$$i_{2200} = (0,095 \cdot 5464) + (0,1881 \cdot 4358,83) + (0,7172 \cdot 329584) = 3701,746(\text{кДж} / \text{м}^3);$$

$$i_o > i_{2200};$$

Если величина $i_o > i_{2200}$, то значит нами принята низкая температура в $2200^\circ C$, тогда находим величину энтальпии для большей температуры на $100^\circ C$, т.е. для $i = 2300^\circ C$:

$$i_{2300} = V_{CO_2} \cdot i_{CO_2} + V_{H_2O} \cdot i_{H_2O} + V_{N_2} \cdot i_{N_2};$$

$$i_{2300} = (0,095 \cdot 5746) + (0,1881 \cdot 4485,34) + (0,7172 \cdot 3457,) = 3869(\text{кДж} / \text{м}^3);$$

$$i_o < i_{2300};$$

$$i_{2200} < i_o < i_{2300};$$

Обычно, $i_o < i_{2300}$, в этом случае, считается, что действительная калориметрическая температура лежит в пределах $i_{2000} < i_o < i_{2100}$ и конкретное её значение находится методом интерполяции по формуле:

$$T_K = 2200 + \frac{i_o - i_{2200}}{i_{2300} - i_{2200}};$$

$$T_T = (0,7 \div 0,8) \cdot T_K.$$

$$T_K = 2200 + \frac{3710,80 - 3702}{3869 - 3702} = 2200,053^\circ C$$

$$T_T = (0,7 \div 0,8) \cdot 2200,053 = 1760,042^\circ C.$$

Вывод: вычислили расход воздуха:

$$V_{H_2O} = 1,9315(\text{м}^3), \quad V_{N_2} = 7,2948(\text{м}^3)$$

$$V_{CO_2} = 10,33\%, \quad V_{H_2O} = 18,59\%, \quad V_{N_2} = 71,08\%.$$

количество продуктов сгорания:

$$V_{\text{пр.сг.}(общ)} = 10,39(\text{м}^3)$$

определили температуру калориметрическую и теоретическую:

$$T_T = 1760,042^\circ C.$$

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходимо определение количества воздуха?
2. Для чего необходимо определение состава и количества продуктов сгорания?

Список литературы

1. Исаев А.В. Тепловой баланс паротурбинной установки (ПТУ). Курсовая работа по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования"
2. Справочное пособие теплотехника электрических станций/ под ред. А.М. Леонкова. – Минск: Беларусь, 1974. – 368 с.
3. Сорокина Л.А. Топливо и основы теории горения: учеб. пособие / Л.А. Сорокина. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. – 78 с.
4. Практические занятия по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования", 2007.

Практическое занятие № 35
Уравнение теплового баланса.

Цель работы: Изучить уравнение теплового баланса и решить задачи теплового баланса.

Порядок выполнения работы:

1. Дайте определение теплового баланса.
2. Зарисуйте схему 1.
3. Выпишите уравнение теплового баланса.
4. Решите три задачи теплового баланса.

Общие сведения.

В котлах, как и других отопительных установках, используется не все тепло, которое выделяется при сгорании топлива. Довольно большая часть тепла уходит вместе с продуктами горения в атмосферу, часть теряется через корпус котла и небольшая часть теряется из-за химического или механического недожога. Под механическим недожогом понимаются потери тепла из-за провала или уноса зольных элементов с несгоревшими частицами.

Тепловой баланс котла — это распределение тепла, которое выделяется при сжигании топлива, на полезное тепло, используемое по назначению, и на потери тепла, которые происходят при работе теплового оборудования.



Схема 1 основных источников теплопотерь.

В качестве эталонной величины прихода тепла принимают ту величину, которая могла выделиться при низшей теплоте сгорания всего топлива.

Если в котле используется твердое или жидкое топливо, то тепловой баланс составляют в килоджоулях относительно каждого килограмма израсходованного топлива, а при использовании газа — относительно каждого кубического метра. И в том, и в другом случае тепловой баланс может быть выражен в процентном отношении.

Уравнение теплового баланса

Уравнение теплового баланса котла при сжигании газа можно выразить следующей формулой:



Параметры оптимальной нагрузки обеспечивают высокую производительность отопительной системы.

- $Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$;
- где Q_T — общее количество термического тепла, которое поступило в топку котла;
- Q_1 — полезное тепло, которое используется для нагрева теплоносителя или получения пара;
- Q_2 — потери тепла, которое уходит вместе с продуктами горения в атмосферу;
- Q_3 — потери тепла, связанные с неполным химическим сгоранием;
- Q_4 — потери тепла из-за механического недожога;
- Q_5 — потери тепла через стенки котла и труб;
- Q_6 — потери тепла из-за удаления золы и шлака из топки.

Как видно из уравнения теплового баланса, при сжигании газообразного или жидкого топлива отсутствуют величины Q_4 и Q_6 , которые характерны только для твердого топлива.

Если же тепловой баланс выразить в процентах от общей теплоты ($Q_T = 100\%$), то данное уравнение принимает вид:

- $100 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6$.

Если разделить каждый член уравнения теплового баланса из левой и правой части на Q_T и умножить его на 100, то получится тепловой баланс в процентах от общего поступившего количества тепла:

- $q_1 = Q_1 * 100 / Q_T$;

- $q_2 = Q_2 * 100 / Q_T$ и так далее.

Если в котле использовано жидкое или газообразное топливо, то потери q_4 и q_6 отсутствуют, уравнение теплового баланса котла в процентах принимает вид:

- $100 = q_1 + q_2 + q_3 + q_5$.

Тепловой баланс котла — это величина, которая показывает оптимальность и экономичность работы вашего котла. По величине теплового баланса можно определиться с мерами, которые помогут экономить сжигаемое топливо и увеличить эффективность отопительного оборудования.

Уравнение теплового баланса при решении задач:

Задача 1. В калориметр, содержащий 500 г воды при температуре 20°C , кладут кусок льда при температуре 0°C . Какая наименьшая масса льда нужна для того, чтобы температура содержимого калориметра стала равной 0°C ?

<p>Дано: $m_b = 500 \text{ г} = 0,5 \text{ кг}$ $t_b = 20^\circ\text{C}$ $t_l = 0^\circ\text{C}$ $t_{\text{кон}} = 0^\circ\text{C}$ $c_b = 4200 \text{ Дж / кг} \cdot ^\circ\text{C}$ $\lambda_l = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж / кг}$</p>	<p>Решение Процесс проходит в идеальном калориметре, поэтому теплообмен идет между водой и льдом. Составим уравнение теплового баланса: $Q_b = Q_l$ $Q_b = c_b m_b (t_b - t_{\text{кон}})$ - количество теплоты, отданное водой Лед взят при температуре плавления, значит $Q_l = \lambda_l m_l$ - количество теплоты, полученное льдом. Поэтому: $c_b m_b (t_b - t_{\text{кон}}) = \lambda_l m_l$</p>
<p>$m_l = ?$</p>	<p>$m_l = (c_b m_b (t_b - t_{\text{кон}})) / \lambda_l = 4200 * 0,5 (20 - 0) / 3,3 * 10^5 = 42000 / 330000 = 0,127 \text{ гр}$</p>

Задача 2. В калориметре находится лёд массой 1 кг при температуре $t_l = -40^\circ\text{C}$. В калориметр пускают пар массой 1 кг при температуре $t_n = 120^\circ\text{C}$. Определите установившуюся температуру и фазовое состояние системы. Нагреванием калориметра пренебрегите. ($c_l = 2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$, $c_b = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$, $c_n = 2,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$, $\lambda_l = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$, $r_n = 2,26 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$.)

<p>Дано: $m_l = 1 \text{ кг}$ $m_n = 1 \text{ кг}$ $t_l = -40^\circ\text{C}$ $t_n = 120^\circ\text{C}$ $c_l = 2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$, $c_b = 4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$, $c_n = 2,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{K)}$, $\lambda_l = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$, $r_n = 2,26 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$.</p>	<p>Решение. Прежде чем составлять уравнение теплового баланса, $Q_{\text{отд}} = Q_{\text{пол}}$, оценим, какое количество теплоты могут отдать одни элементы системы, а какое количество теплоты могут получить другие. Очевидно, что <u>тепло отдают</u>: пар 1) при охлаждении до 100°C и 2) при конденсации; вода, сконденсировавшаяся из пара, при остывании от 100°C. <u>Тепло получают</u>: лёд 1) при нагревании и 2) при плавлении; вода, полученная из льда, нагревается от 0°C до какой-то температуры. Определим количество теплоты, отданной паром при процессах 1 и 2: $Q_{\text{отд}} = c_n m_n (t_2 - 100) + r_n m_n = 23,0 \cdot 10^5 \text{ Дж}$. Количество теплоты, полученной льдом при процессах 1 и 2: $Q_{\text{пол}} = c_l m_l (0 - t_l) + \lambda_l m_l = 4,14 \cdot 10^5 \text{ Дж}$. Из расчётов ясно, что $Q_{\text{отд}} = Q_{\text{пол}}$.</p>
--	---

<p>$t = ?$</p>	<p>Растаявший лёд затем нагревается. Определим, какое количество теплоты нужно дополнительно, чтобы вода, образовавшаяся из льда ($m_l = m_v$), нагрелась до $100\text{ }^\circ\text{C}$:</p> <p>$Q'_{\text{пол}} = c_v m_v (100 - 0) = 4,2 \cdot 10^5 \text{ Дж}$.</p> <p>Следовательно, суммарное количество теплоты, которую может получить лёд, перешедший в воду, которая затем нагрелась до $100\text{ }^\circ\text{C}$, есть $Q_{\text{пол}\Sigma} = 8,34 \cdot 10^5 \text{ Дж}$.</p> <p>Мы видим, что $Q_{\text{пол}\Sigma} < Q_{\text{отд}}$.</p> <p>Из последнего соотношения следует, что не весь пар будет конденсироваться. Массу оставшегося пара можно определить из соотношения $m'_{\text{п}} = (Q_{\text{отд}} - Q_{\text{пол}\Sigma})/r_{\text{п}} = 0,65 \text{ кг}$.</p> <p>Окончательно в калориметре будут находиться пар и вода при температуре $t = 100\text{ }^\circ\text{C}$, при этом $m'_{\text{п}} = 0,65 \text{ кг}$, $m_v = 1,35 \text{ кг}$.</p>
<p>Задача 3. В теплоизолированный бак налили 9 литров воды с температурой $20\text{ }^\circ\text{C}$. Затем в бак с водой стали бросать нагретые до $220\text{ }^\circ\text{C}$ камни. Вода закипела ровно в тот момент, когда бак оказался наполненным до краев (все камни утонули и полностью погрузились в воду). Найдите объем бака, если известно, что плотность камней в 2,5 раза больше чем плотность воды, а их удельная теплоемкость в 5 раз меньше удельной теплоемкости воды. Температура кипения воды $100\text{ }^\circ\text{C}$.</p>	
<p>Дано: $V_v = 9 \text{ л}$ $c_v = 4200 \text{ Дж/кг }^\circ\text{C}$ $t_v = 20\text{ }^\circ\text{C}$ $t_{\text{кам}} = 220\text{ }^\circ\text{C}$ $t_{\text{кип}} = 100\text{ }^\circ\text{C}$ $\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$ $\rho_{\text{кам}} = 2,5 \cdot 1000 \text{ кг/м}^3$ $c_{\text{кам}} = 4200/5 \text{ Дж/кг }^\circ\text{C}$</p>	<p>Решение: Охлаждаясь в воде, камни отдают тепло. Происходит следующий процесс - камни охлаждаются от 220 до $100\text{ }^\circ\text{C}$, а вода нагревается от 20 до 100.</p> <p>Запишем уравнение теплового баланса: $c_v m_v (t_{\text{кип}} - t_v) = c_{\text{кам}} m_{\text{кам}} (t_{\text{кам}} - t_{\text{кип}})$</p> <p>Объем бака = объем камней + объем воды Выражая отсюда $V_{\text{кам}}$ и вводя плотности воды и камней, получаем:</p>
<p>$V_{\text{об}} = ?$</p>	<p>$c_v V_v \rho_v (t_{\text{кип}} - t_v) = c_{\text{кам}} V_{\text{кам}} \rho_{\text{кам}} (t_{\text{кам}} - t_{\text{кип}})$</p> <p>$c_v V_v \rho_v (t_{\text{кип}} - t_v) = c_{\text{кам}} (V_{\text{об}} - V_v) \rho_{\text{кам}} (t_{\text{кам}} - t_{\text{кип}})$ $V_{\text{об}} = V_v (1 + (c_v \rho_v (t_{\text{кип}} - t_v)) / (c_{\text{кам}} \rho_{\text{кам}} (t_{\text{кам}} - t_{\text{кип}})))$</p> <p>Подставив численные значения получим $V_{\text{об}} = 21 \text{ л}$ Ответ: 21 л</p>

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходимо уравнение теплового баланса?
2. Почему в отопительных домах необходим расчет теплового баланса?

- **Список литературы**

- 1. Исаев А.В. Тепловой баланс паротурбинной установки (ПТУ). Курсовая работа по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования"
- 2. Справочное пособие теплоэнергетика электрических станций/ под ред. А.М. Леонкова. – Минск: Беларусь, 1974. – 368 с.
- 3. Сорокина Л.А. Топливо и основы теории горения: учеб. пособие / Л.А. Сорокина. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. – 78 с.
- 4. Практические занятия по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования", 2007.

Практическое занятие № 36

Тема: Характеристика потери тепла от механической неполноты сгорания и с уходящими газами.

Цель работы: Изучить потери тепла от механической неполноты сгорания и с уходящими газами.

Порядок выполнения работы:

1. Произвести описание потерей тепла с учетом всех формул.

Общие сведения

Потеря тепла от механической неполноты сгорания $Q_{мн}(q_{мн})$ связана с недожогом твердого топлива в топочной камере. Часть его в виде горючих частиц, содержащих углерод, водород, серу, может уноситься газообразными продуктами сгорания, часть - удаляться вместе со шлаком. При слоевом сжигании возможен также провал части топлива через отверстия колосниковой решетки. Таким образом, потеря тепла от механической неполноты сгорания, МДж/кг, в общем случае состоит из трех слагаемых - потерь с провалом, со шлаком и с уносом:

$$Q_{мн} = Q_{мн}^{пр} + Q_{мн}^{ш.п} + Q_{мн}^{ун}, \quad (2.44)$$

или относительно располагаемой теплоты, %,

$$q_{мн} = \frac{q}{Q_p} 100 = q_{мн}^{пр} + C! + q_{мн}^{ун}. \quad (2.45)$$

При сжигании твердого топлива потеря $q_{мн}$, является второй основной потерей в тепловом балансе и для промышленных котлов может достигать до 10-12 % и более. При слоевом сжигании основными составляющими потери $q_{мн}$ являются потери со шлаком и провалом, а при камерном сжигании - потеря с уносом.

Потеря теплоты с провалом $q_{мн}^{пр}$, %, зависит от сорта сжигаемого топлива и содержания в нем мелочи, спекаемости топлива и, главное, от конструкции колосниковой решетки. Современные колосниковые решетки имеют живое сечение (отношение площади прозоров для прохода воздуха к площади решетки) 3-7 %, а конструкция их часто выполняется «беспровальной». В связи с этим значение $q_{мн}^{пр}$ обычно не превышает 0,5-1 %.

При определении $q_{мн}$ на основе данных испытания котельной установки значения $Q_{мн}^{пр}$, МДж/кг, подсчитывают по формуле

$$Q_{мн}^{пр} = \frac{G_{пр}}{B} Q_{пр}, \quad (2.46)$$

где $G_{пр}$ - выход провала, кг/с; $Q_{пр}$ - теплота сгорания провала, МДж/кг, которую подсчитывают с учетом содержания горючих в провале $\Gamma_{пр}$, %.

Потеря тепла от механической неполноты сгорания со шлаком %, связана с тем, что в образующемся в процессе горения топлива шлаке (в твердом или жидком состоянии) могут содержаться невыгоревшие частицы топлива. В слоевых топках потеря теплоты со шлаком увеличивается с увеличением зольности топлива, ростом плотности теплового потока через зеркало горения q_R и с уменьшением выхода летучих. Она зависит также от метода удаления шлака (в твердом или жидком виде) и от размеров кусков (сортированности) топлива.

В камерных топках с учетом того, что значительное количество золы топлива (85-95 %) уносится дымовыми газами, потеря $q_{мн}^{ш.п}$ незначительна, она возрастает с увеличением

зольности топлива, с угрублением помола пыли, с уменьшением выхода летучих, а также зависит от конструктивных и режимных особенностей топки.

Значение $Q_{\text{м.н}}^{\text{шл}}$, МДж/кг, определяется по формуле

$$Q_{\text{м.н}}^{\text{шл}} = \frac{G_{\text{шл}}}{B} Q_{\text{шл}}, \quad (2.47)$$

где $G_{\text{шл}}$ - выход шлака, кг/с; $Q_{\text{шл}}$ - теплота сгорания шлака, МДж/кг, подсчитываемая с учетом содержания горючих в шлаке $\Gamma_{\text{шл}}$, %.

Потеря тепла от механической неполноты сгорания с уносом $q_{\text{м.н}}^{\text{ун}}$, %, связана с выносом из топки несгоревших (или частично сгоревших) частиц топлива. Для слоевых топок $d > v_{\text{н}}$ увеличивается с уменьшением реакционной способности топлива, возрастает при работе на несортированном угле, при форсировке зеркала горения $q_{\text{р}}$ и топочного объема $q_{\text{в}}$. Для факельных топок q^{\wedge} увеличивается при форсировке процесса горения, угрублении помола и уменьшении реакционной способности топлива.

Характер зависимости $q_{\text{м.н}}^{\text{ун}}$ от объемной плотности тепловыделения $q_{\text{в}}$ подобен зависимости, показанной на рис. 2.5. Как и для химической неполноты сгорания, потери теплоты $q_{\text{м.н}}$ в области низких значений $q_{\text{в}}$ возрастают в связи со снижением температуры в топочной камере, а в области высоких нагрузок увеличиваются в связи с уменьшением времени пребывания частиц в топке.

Значение потери с уносом $Q_{\text{м.н}}^{\text{ун}}$, МДж/кг, определяется по формуле

$$Q_{\text{м.н}}^{\text{ун}} = \frac{G_{\text{ун}}}{B} Q_{\text{ун}}, \quad (2.48)$$

где $G_{\text{ун}}$ - масса уноса, кг/с; $Q_{\text{ун}}$ - теплота сгорания уноса, МДж/кг, определяемая с учетом содержания горючих в уносе $\Gamma_{\text{ун}}$, %.

При испытаниях котельной установки непосредственное определение массы уноса $G_{\text{ун}}$, кг/с, для выявления потери теплоты от механической неполноты сгорания в отличие от $G_{\text{пр}}$ и $G_{\text{шл}}$ практически невозможно.

Значение $G_{\text{ун}}$ может быть определено из уравнения золowego баланса, учитывающего в общем случае распределение золы топлива между провалом, шлаком и уносом:

$$B \frac{A^{\text{р}}}{100} = G_{\text{пр}} \frac{A_{\text{пр}}}{100} + G_{\text{шл}} \frac{A_{\text{шл}}}{100} + G_{\text{ун}} \frac{A_{\text{ун}}}{100}, \quad (2.49)$$

где $A^{\text{р}}$, $A_{\text{пр}}$, $A_{\text{шл}}$, $A_{\text{ун}}$ - зольности топлива, провала, шлака и уноса, %.

В уравнении (2.49) известными величинами являются $G_{\text{пр}}$, $G_{\text{шл}}$, $A_{\text{пр}}$, $A_{\text{шл}}$.

Значение $A_{\text{ун}}$ определяется из пробы уноса, отобранной из уходящих газов. Таким образом, удельный выход уноса, кг/кг,

$$g_{\text{ун}} = \frac{G_{\text{ун}}}{B} = \frac{A^{\text{р}}}{A_{\text{ун}}} \cdot \frac{g_{\text{пр}} A_{\text{пр}} + g_{\text{шл}} A_{\text{шл}}}{100}, \quad (2.50)$$

где $g_{\text{пр}} = G_{\text{пр}}/B$; $g_{\text{шл}} = G_{\text{шл}}/B$ - удельные выходы провала и шлака, кг/кг.

Потеря тепла от механической неполноты сгорания может быть подсчитана по формуле

$$Q_{\text{м.н}}^{\text{шл}} = \frac{Q_{\text{м.н}}}{Q_{\text{р}}} \frac{100 - \Gamma_{\text{шл+пр}}}{100} \left(\frac{a_{\text{шл+пр}} \Gamma_{\text{шл+пр}}}{100} + \frac{a_{\text{ун}} \Gamma_{\text{ун}}}{100 - \Gamma_{\text{ун}}} \right) A^{\text{р}} 32,65 (Q_{\text{р}})^{-1}, \quad (2.51)$$

где $\Gamma_{\text{шл+пр}}$ и $\Gamma_{\text{ун}}$ - содержания горючих в шлаке, провале и уносе, %; $a_{\text{шл+пр}}$ и $a_{\text{ун}}$ - доли золы топлива в шлаке, провале и уносе; $Q_{\text{р}}$ - располагаемая теплота, МДж/кг; $A^{\text{р}}$ - зольность на рабочую массу топлива, %; 32,65 МДж/кг - условная теплота сгорания углерода.

При проектировании новых котельных установок. При сжигании газового и жидкого топлива потеря $q_{\text{м.н}}$ отсутствует. При сжигании пыли в смеси с газообразным топливом или мазутом потеря тепла от механической неполноты сгорания равна $a q_{\text{м.н}}$, где

$q_{\text{мн}}$ принимается как для твердого топлива, а a - коэффициент, зависящий от доли газа или мазута в смеси (по теплоте), обычно $a=0,7/1,4$.

Контрольные вопросы:

1. Что означают величины $G_{\text{пр}}$, $G_{\text{шл}}$, $A_{\text{пр}}$, $A_{\text{шл}}$?
2. По какой формуле определяются потери с уносом $Q_{\text{мн}}^{\text{ун}}$, МДж/кг,?

Список литературы

1. Исаев А.В. Тепловой баланс паротурбинной установки (ПТУ). Курсовая работа по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования"
2. Справочное пособие теплоэнергетика электрических станций/ под ред. А.М. Леонкова. – Минск: Беларусь, 1974. – 368 с.
3. Сорокина Л.А. Топливо и основы теории горения: учеб. пособие / Л.А. Сорокина. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. – 78 с.
4. Практические занятия по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования", 2007.

Практическое занятие № 37

Тема: Характеристика потери тепла от химической неполноты сгорания и с физическим теплом шлаков.

Цель работы: Изучить потери тепла от химической неполноты сгорания и с физическим теплом шлаков.

Порядок выполнения работы:

1. Произвести описание потерей тепла с учетом всех формул.
2. Зарисовать рис. 2.6

Общие сведения

Потеря теплоты от химической неполноты сгорания (химического недожога) $Q_{\text{хн}}, (q_{\text{хн}})$ возникает при неполном сгорании топлива в пределах топочной камеры котла и появления в продуктах сгорания горючих газообразных составляющих (CO , H_2 , CH_4 , $\text{C}_m\text{H}_n, \dots$). Догорание же этих горючих газов за пределами топки практически невозможно из-за относительно низкой их температуры.

Химическая неполнота сгорания топлива может явиться следствием:

- 1) общего недостатка воздуха;
- 2) плохого смесеобразования;
- 3) малых размеров топочной камеры, что определяет недостаток времени для завершения химических реакций;
- 4) низкой температуры в топочной камере, что приводит к снижению скорости выгорания топлива;
- 5) высокой температуры, что может привести к диссоциации продуктов сгорания.

При достаточном для полного сгорания топлива количестве воздуха и хорошем смесеобразовании $q_{\text{хн}}$ зависит от *объемной плотности тепловыделения* в топке. Характер зависимости $q_{\text{хн}}$ от видимой (условной) объемной плотности тепловыделения

$q_v = B Q_{\text{н}}^p / V_{\text{м}}$ показан на рис. 2.6. В области низких значений q_v (левая часть кривой), т. е.

при малых расходах топлива B , потеря $q_{\text{хн}}$ увеличивается в связи со снижением температурного уровня в топочной камере t , что определяется относительным увеличением потери теплоты от наружного охлаждения при уменьшении расхода топлива B . Повышение объемной плотности тепловыделения (с увеличением расхода топлива) приводит к увеличению температурного уровня в топке и снижению $q_{\text{хн}}$. Однако после

определенного значения q_v (правая часть кривой) дальнейшее увеличение расхода топлива приводит к увеличению $q_{\text{хн}}$ из-за уменьшения времени пребывания газов в объеме топки и невозможности в связи с этим завершения реакции горения.



Рис. 2.6. Зависимость потери теплоты от химической неполноты сгорания от объемной плотности тепловыделения

Оптимальное отношение $B Q_{\text{н}}^p / V_{\text{м}}$, при котором потеря $q_{\text{хн}}$ имеет минимальное значение, зависит от вида топлива, способа его сжигания и конструкции топки. Для современных топочных устройств потеря теплоты от химической неполноты сгорания составляет 0—2% при $q_v = 0,1-0,3 \text{ МВт/м}^3$. В топочных устройствах, в которых обеспечиваются благоприятные условия для интенсивного

горения топлива, например в циклонных топках, значение q_v достигает 3—10 МВт/м^3 и более при отсутствии химической неполноты сгорания.

При обработке материалов испытания котельной установки потерю теплоты от химической неполноты сгорания, МДж/кг (или МДж/м^3), определяют по зависимости

$$Q_{\text{хн}} = V_{\text{CO}} Q_{\text{CO}} + V_{\text{H}_2} Q_{\text{H}_2} + V_{\text{CH}_4} Q_{\text{CH}_4} + \dots$$

Объемы горючих газов V_{CO} , V_{H_2} , V_{CH_4} и т. д. в продуктах сгорания в кубических метрах на единицу сжигаемого топлива, м³/кг (или м³/м³), определяют по анализу газов на выходе из топки на содержание в них H₂, %, CO, %, CH₄, %, и т. д. по формулам

$$V_{CO} = V_{\alpha} \frac{CO}{100}, V_{H_2} = V_{\alpha} \frac{H_2}{100}, V_{CH_4} = V_{\alpha} \frac{CH_4}{100},$$

Объем сухих газов при сжигании твердого и жидкого топлив определяют

$$V_{\alpha} = 1,866 \frac{C^P + 0,375 S_{op}^P}{CO_2 + SO_2 + CO + CH_4}$$

а при сжигании газового топлива

$$V_{\alpha} = \frac{CO_2^T + CO^T + H_2 S^T + CH_4^T + \sum m C_m H_n}{CO_2 + OS_2 + CO + CH_4 + \dots}$$

Теплоты сгорания горючих газов в (2.42) имеют следующие значения: $Q_{CO} = 12,64$ МДж/м³; $Q_{H_2} = 10,79$ МДж/м³; $Q_{CH_4} = 35,82$ МДж/м³. Теплоты сгорания других горючих газов приводятся в справочной литературе.

Заканчивая рассмотрение потери q_{xn} , следует отметить, что при наличии условий для появления продуктов неполного сгорания в первую очередь появляется более трудно сжигаемая CO, а затем H₂. Это означает, что если в продуктах сгорания отсутствует CO, то в них нет также и H₂.

Для снижения потери теплоты от химической неполноты сгорания в топочной камере стремятся повысить температурный уровень, применяя, в частности, подогрев воздуха, а также всемерно улучшая перемешивание компонентов горения, для чего в ряде топочных устройств применяют так называемое «острое дутье». В правильно сконструированной и эксплуатируемой топке потери q_{xn} могут быть практически сведены к нулю.

При проектировании новых котельных установок потеря теплоты от химической неполноты сгорания может быть принята по рекомендациям.

Контрольные вопросы:

1. Что означают величины V_{CO} , V_{H_2} , V_{CH_4} ?
2. Что означает график зависимости от химической теплоты?

Список литературы

1. Исаев А.В. Тепловой баланс паротурбинной установки (ПТУ). Курсовая работа по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования"
2. Справочное пособие теплоэнергетика электрических станций/ под ред. А.М. Леонкова. – Минск: Беларусь, 1974. – 368 с.
3. Сорокина Л.А. Топливо и основы теории горения: учеб. пособие / Л.А. Сорокина. – Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2004. – 78 с.
4. Практические занятия по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования", 2007.

Практическое занятие № 38

Тема: Использование коэффициента полезного действия котлоагрегата и расход топлива

Цель работы: Изучить коэффициент полезного действия котлоагрегата и рассчитать топлива.

Порядок выполнения работы:

1. Произвести описание КПД с учетом всех формул.
2. Зарисовать рис. 1 и описать его конструкцию.
3. Произвести расчет расхода топлива.

Общие сведения

Определение КПД котельного агрегата брутто ($\eta_{кз}^{бр}$) по данным испытаний

Коэффициент полезного действия котельного агрегата брутто определяется по обратному балансу, %.

$$\eta_{кз}^{бр} = 100 - \sum q_i = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6),$$

КПД котельного агрегата нетто ($\eta_{ка}^{нетто}$), который учитывает затраты электроэнергии на собственные нужды определяется по формуле:

$$\eta_{ка}^{нетто} = \frac{Q_1 - W_{сн}}{Q_p \cdot B} = \frac{138654,2 - 1285,55}{39008,74 \cdot 3,8} = 0,927 \%$$

где $B=3,8$ кг/с= $13,68$ т/ч – расход топлива

$Q_1=138654,2$ Дж/с – тепло полезно использованное в котельном агрегате

$W_{сн}$ – расход электроэнергии на собственные нужды в котельном цехе

$W_{сн} = N_{дв} + N_{дс} + N_{пн} + W_p + W_{пл} + W_{зв} = 186+238,3+861,25=1285,55$ кВт

где $N_{дв}=186$ кВт – мощность дутьевого вентилятора;

$N_{дс}=238,3$ кВт – мощность дымососа;

$N_{пн}=861,25$ кВт – мощность питательного насоса;

Определим на сколько не точно определен расход топлива, подаваемого в топку котельного агрегата, если термомпара показывает температуру острого пара (t_0) за котлом на 10^0 С выше

По условию задания изменим температуру острого пара:

$$t_0^* = t_0 + 10 = 540 + 10 = 550 \text{ } ^\circ\text{C}$$

По давлению P_0 и t_0^* определяем энтальпию $i_0^* = 3501,9$ кДж/кг и с учетом нового значения i_0^* определяем расход топлива B .
Определим полезно-использованное тепло:

$$Q_1 = D_0(i_0^* - i_{п.в}) + pD_0(i_{пр.в} - i_{п.в}) = 160000 \cdot (3501,9 - 924,24) + 0,05 \cdot 160000 \cdot (1491,3 - 924,24) = 416962080 \text{ кДж/ч}$$

Определим расход топлива:

$$B^* = \frac{Q_1}{Q_p \cdot \eta_{кз}^{бр}} = \frac{416962080}{39008,74 \cdot 93,548} \cdot 100 = 11426,16 \text{ кг/ч}$$

$$B > B^*$$

$$13678,52 \text{ кг/ч} > 11426,16 \text{ кг/ч}$$

$$\Delta B = B - B^* = 13678,52 - 11426,16 = 2252,36 \text{ кг/ч}$$

Для данного котельного агрегата составляем типовую схему размещения точек измерений при балансовых испытаниях котельного агрегата. На схеме необходимо показать точки измерения температур воздуха (t_v), питательной воды ($t_{п.в.}$), перегретого пара ($t_{п}$), газообразных продуктов сгорания (ϑ), точки измерения давления (P), разряжения (S), отбора проб топлива (ОПТ), уноса (ОПУ), золы (ОПЗ) и т.д. и т.п.

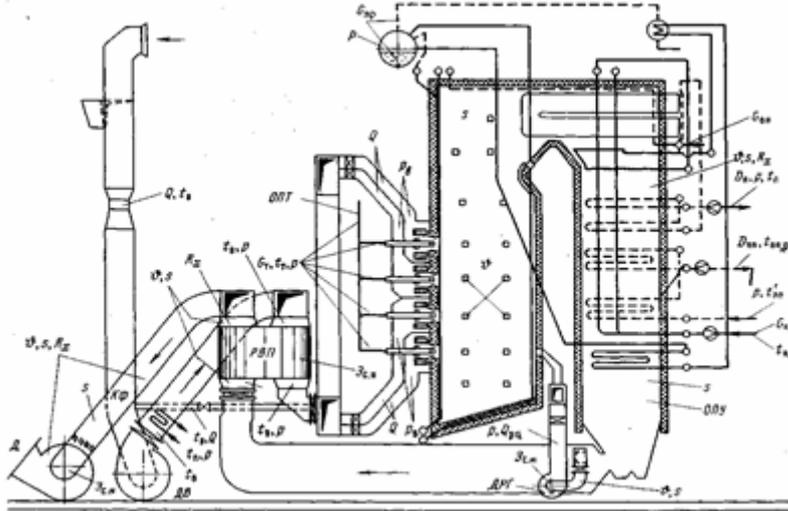


Рис. 1. Типовая схема размещения точек измерений при балансовых испытаниях барабанного газомазутного котла:

$Q_{рц}$ – расход газообразных продуктов сгорания на рециркуляцию; $G_{пр}$ – расход продувочной воды, S_c – солесодержание питательной, котловой воды и насыщенного пара; $K_{ф}$ – калорифер; ДРГ – дымосос рециркуляции газов; t_v , $t_{п.в.}$, $t_{п}$, $t_{вп}$ – температура воздуха, питательной воды, пара, воды на впрыск; ν – температура газообразных продуктов сгорания; p – давление; s – разряжение; Q – расход воздуха; $G_{пв}$, $G_{вп}$, $D_{п}$ – расходы питательной воды, воды на впрыск и свежего пара; R_x – анализ газов; ОПТ, ОПУ – отборы проб топлива, уноса; $\mathcal{E}_{сн}$ – расход электроэнергии на собственные нужды; Д – дымосос; ДВ – дутьевой вентилятор.

Коэффициентом полезного действия (КПД) котлоагрегата называют отношение полезно использованной теплоты сгорания 1 кг топлива на получение пара в паровых котлах или горячей воды в водогрейных к располагаемой теплоте.

КПД котлоагрегата, %:

$$\eta_{ка} = \left(\frac{Q_1}{Q_p} \right) \cdot 100 = q_1, \quad (22.11)$$

или

$$\eta_{ка} = 100 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6). \quad (22.12)$$

КПД котлоагрегатов существенно зависит от вида топлива, способа сжигания, температуры уходящих газов и мощности. Паровые котлы, работающие на жидком или газообразном топливе, имеют КПД 90—92%. При слоевом сжигании твердого топлива КПД равняется 70—85%. Необходимо отметить, что КПД котлоагрегатов существенно зависит от качества эксплуатации, особенно от организации топочного процесса. Работа котлоагрегата с давлением пара и производительностью меньше номинальных снижает КПД. В процессе эксплуатации котлов периодически должны проводиться теплотехнические испытания с целью определения потерь и действительного КПД котла, что позволяет внести необходимые коррективы в режим его работы.

Расход топлива для парового котла (кг/с — для твердого и жидкого топлива; н.м³/с — газообразного)

$$B = \frac{D \left[(i_{\text{п}} - i_{\text{п.в}}) + \left(\frac{\text{П}}{100} \right) (i_{\text{к.в}} - i_{\text{п.в}}) \right]}{Q_p \cdot \eta_{\text{ка}}}, \quad (22.13)$$

где D — паропроизводительность котлоагрегата, кг/с; $i_{\text{п}}$, $i_{\text{п.в}}$, $i_{\text{к.в}}$ — энтальпия пара, питательной и котловой воды соответственно, кДж/кг; Q_p — располагаемая теплота, кДж/(кг топл.) — для твердого и жидкого топлива, кДж/(н.м³) — для газообразного топлива (часто в расчетах принимают $Q_p \sim Q$ ввиду их незначительного различия); П — величина непрерывной продувки, % от паропроизводительности; $\eta_{\text{ка}}$ — КПД котлоагрегата, доли.

Расход топлива для водогрейного котла (кг/с; н.м³/с):

$$B = \frac{G_{\text{в}} (i_2 - i_1)}{Q_i \cdot \eta_{\text{ка}}}, \quad (22.14)$$

где $G_{\text{в}}$ — расход воды, кг/с; i_1 , i_2 — начальная и конечная энтальпии воды в котле, кДж/кг.

Описание тепловой схемы ТЭЦ

Принципиальная тепловая схема ТЭЦ представлена на рис.2, показан котлоагрегат, турбоустановки ПТ-12-35/10; Р-16-35/5; тепловые потребители. Турбоустановка ПТ-12-35/10 имеет регулируемые отборы - промышленный давлением 3,0 МПа (10ата), для отпуска пара на производство, теплофикационным давлением 0,1 МПа для отпуска теплоты на отопление и ГВС.

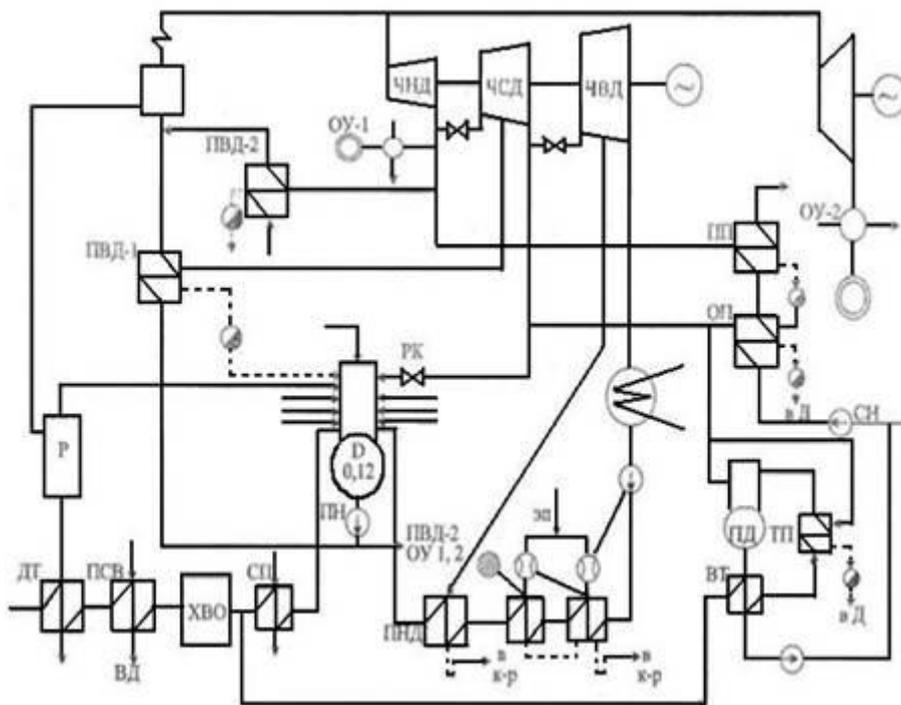


Рисунок 2- Принципиальная тепловая схема ТЭЦ

Два нерегулируемых отбора давлением 0,48 МПа, давлением 0,085 МПа, для регенеративного подогрева питательной воды в подогревателе высокого давления (ПВД) и в подогревателе низкого давления (ПНД).

Давление в деаэраторе поддерживается 0,12МПа независимо от давления в регулируемом отборе 0,12-0,6 МПа при помощи регулирующего клапана. Из бака деаэратора питательная вода подается питательными насосами (ПН) в ПВД-1 и в ПВД-2, в которых нагрев питательной воды осуществляется паром из нерегулируемого отбора ЧСД и из производственного отбора турбины типа ПТ. Конденсат греющего пара из этих подогревателей направляется в деаэратор. Продувочная вода из котлоагрегата поступает в расширитель непрерывной продувки (Р), пар из которого направляется в деаэратор, а конденсат из расширителя идет в поверхностный дренажный теплообменник (ДТ) для подогрева добавочной воды и воды для подпитки теплосети. Далее эти потоки воды подогреваются паром из теплофикационного отбора в подогревателе сырой воды (ПСВ).

После химводоочистки (ХВО) подпиточная вода направляется на узел подпитки теплосети, а добавочная вода в сальниковом подогревателе (СП) нагревается паром из уплотнений турбин и подается в деаэратор (Д).

Охлажденный конденсат из дренажного теплообменника сливается в канализацию, а конденсат из ПСВ и СП в деаэратор. Пар из регулируемого производственного отбора турбины ПТ и из противодействия турбины Р-16-35/5 технологическим потребителям поступает через охладительные установки ОУ-1 и ОУ-2. Вода для впрыска на охладительные установки подается из питательной линии, а конденсат из охладительных установок направляется в деаэратор.

Пиковый подогреватель (ПП) сетевой воды подключен по пару к производственному регулируемому отбору, а основной подогреватель (ОП) - к теплофикационному отбору. Конденсат из пикового подогревателя поступает в паровое пространство основного подогревателя, из которого конденсат насосом перекачивается в стационарный деаэратор. Подпиточный узел горячего водоснабжения состоит из подпиточного деаэратора (ПД), водоводяного теплообменника (ВТ) и пароводяного теплообменника (ТП).

Контрольные вопросы:

1. Что означает КПД котлоагрегата?
2. Чему равна формула расход топлива для водогрейного котла?

Список литературы

1. Трёмбовля В.И., Фигнер Е.Я., Авдеева А.А. Тепломеханические испытания котельных установок. – М.: Энергия, 1991. -416 с.
2. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод / Под. ред. А.В. Кузнецова и др. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.
3. Париллов В.А., Ушаков С.Г. Испытания и наладка паровых котлов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 320 с.
4. Кемельман Д.Н., Эскин Н.Б. Наладка котельных установок. Справочник. – М.: Энергоатомиздат. 1989. -320 с.
5. Справочное пособие теплоэнергетика электрических станций./ Под. ред. А.М. Леонкова, Б.В. Яковлева. – Минск, Беларусь, 1974. – 368 с.

Практическое занятие № 39

Тема: Характеристика процесса горения

Цель работы: Изучить процесс горения котельной установки.

Порядок выполнения работы:

1. Дайте определение горению.
2. Опишите виды горения.
3. Выпишите расчетные формулы процесса горения.

Общие сведения

Горение – протекающий при сравнительно высоких температурах химический процесс соединения горючих элементов топлива с кислородом воздуха, сопровождающийся интенсивным выделением теплоты.

Для быстрого и эффективного сгорания топлива необходимо совершенство процесса перемешивания топлива с воздухом, непрерывно подаваемых в топку, причем следует добиваться наиболее полного сгорания топлива.

Полное горение – в результате горения получены негорючие продукты сгорания (CO_2 , H_2O , SO_2), т.е. продукты, не способные к дальнейшей реакции с кислородом воздуха при обычных температурах газов на выходе из топки (800 – 1200 °С).

Неполное горение – в составе продуктов сгорания содержатся продукты неполного сгорания (CO , H_2 , CH_4 и различные углеводороды). Неполное горение происходит при недостаточном количестве кислорода или низкой температуре в месте реакции. Обычно показателем неполного сгорания является наличие окиси углерода CO , т.к. содержание углеводородов и водорода незначительно и ими можно пренебречь.

Для обеспечения полного сгорания топлива и определения количества образующихся газов важно знать количество воздуха, необходимого для такого процесса. При выполнении расчётов первоначально находят теоретическое количество кислорода, необходимое для полного сгорания топлива массой 1 кг, полагая, что входящие в его состав горючие элементы будут полностью окислены и не образуют химических соединений с другими элементами.

Рассмотрим упрощённый расчёт количества воздуха теоретически необходимого для полного сгорания топлива массой 1 кг с использованием молекулярных масс горючих элементов и окислителя.

Из реакции горения углерода $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$ следует, что для полного сгорания углерода массой 12 кг требуется 32 кг кислорода. При этом получается 44 кг двуокиси углерода, т.е. для полного сгорания 1 кг углерода нужно $32 : 12 = 2,67$ кг кислорода.

Из реакции горения водорода $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ находим, что 4 кг водорода, соединяясь с 32 кг кислорода, образуют 36 кг воды, т.е. для полного сгорания 1 кг водорода необходимо $32 : 4 = 8$ кг кислорода.

Горение серы характеризуется реакцией $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$ с образованием сернистого газа. Из реакции следует, что для полного сгорания 1 кг серы требуется 1 кг кислорода.

Приведённая выше схема реакций горения является записью только начала и конца реакций и поэтому условна, тем не менее, она справедлива для определения теоретически необходимого количества воздуха.

Учитывая, что в элементарном составе топлива содержится некоторое количество кислорода O_p , общая минимальная масса кислорода, необходимого для сгорания горючих элементов, содержащихся в 1 кг топлива,

$$m_o = 2,67C_p + 8H_p + S_p - O_p \text{ [кг]}.$$

Учитывая, что 1 кг воздуха содержит примерно 23% кислорода и 76% азота, масса воздуха, теоретически необходимая для сжигания 1 кг топлива,

$$L_o = \frac{2,67C_p + 8H_p + S_p - O_p}{0,23} \text{ [кг]}.$$

Объем воздуха, теоретически необходимый для сжигания 1 кг топлива,

$$V_o = \frac{L_o}{\rho} \text{ [м}^3\text{]},$$

$\rho = 1,293 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха при нормальных условиях

(температура 0°C , давление $0,101 \text{ МПа}$, влажность 0%).

Выразив C_p , H_p , O_p , S_p в процентах, получим:

$$V_o = 0,0889C_p + 0,266H_p + 0,033 (S_p - O_p).$$

В действительности, учитывая несовершенство процесса горения в топке, во избежание неполного сгорания из-за недостатка кислорода воздуха для горения топлива подают больше, чем теоретически необходимо.

Контрольные вопросы:

1. Что означает КПД котлоагрегата?
2. Чему равна формула расход топлива для водогрейного котла?

Список литературы

1. Трёмбовля В.И., Фигнер Е.Я., Авдеева А.А. Тепломеханические испытания котельных установок. – М.: Энергия, 1991. -416 с.
2. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод / Под. ред. А.В. Кузнецова и др. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.
3. Париллов В.А., Ушаков С.Г. Испытания и наладка паровых котлов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 320 с.
4. Кемельман Д.Н., Эскин Н.Б. Наладка котельных установок. Справочник. – М.: Энергоатомиздат. 1989. -320 с.
5. Справочное пособие теплоэнергетика электрических станций./ Под. ред. А.М. Леонкова, Б.В. Яковлева. – Минск, Беларусь, 1974. – 368 с.

Практическое занятие № 40

Тема: Характеристика процесса грохочения и грохоты, дробления и дробилки

Цель работы: Изучить процесс грохочения и дробления.

Порядок выполнения работы:

1. Дайте определение грохочению.
2. Опишите виды материалов грохочения.
3. Опишите классификацию процессов грохочения.
4. Зарисуйте рис.3 и дайте его описание.
5. Опишите основные способы разрушения.
6. Опишите физико-механические свойства горных пород,
7. Опишите классификацию дробильного оборудования.
- 8.

Процессы дробления, измельчения и грохочения широко применяются в производственной деятельности человека, в народном хозяйстве. В настоящее время в мире ежегодно дробится и измельчается более двух миллиардов тонн полезных ископаемых, а по числу занятых людей, производства, использующие дробление и измельчение минерального сырья, стоят на втором месте, уступая лишь сельскому хозяйству. Можно отметить, что 1/20 часть всей вырабатываемой электроэнергии расходуется на данные процессы.

Грохочение

Грохочение – разделение продуктов по классам крупности путем просеивания через одно или несколько сит, иначе можно сказать – классификация материала на просеивающих поверхностях.

Материал, поступающий на грохочение, называется - **исходным**; остающийся на сите – **надрешетным**, «верхним» или «+» продуктом (классом); проходящий через отверстия сита – **подрешетный** «нижним» или «-» (рис. 1).

Материал, прошедший через сито с большими отверстиями (l_1) и оставшийся на сите с меньшими отверстиями (l_2) называется **классом крупности**.

Крупность класса обозначают тремя способами (рис. 2):

1. $-l_1 + l_2$ или $-d_1 + d_2$ 20 +10 мм
- 2) $l_1 - l_2$ или $d_1 - d_2$ 20 – 10 мм
- 3) $l_2 - l_1$ или $d_2 - d_1$ 10 – 20 мм

Наиболее широкое применение при обозначении продуктов грохочения руд получил первый способ. Третий обязателен при грохочении углей (ГОСТ-2093-69).

Классификация процессов грохочения

Операции грохочения широко применяются в практике обогащения и по технологическому назначению их можно разделить на пять групп:

1. Вспомогательное грохочение – применяется в схемах рудоподготовки для выделения готового по крупности продукта, в том числе:

- *предварительное* - перед дроблением (рис. 3.а);
- *контрольное* или *поверочное* – после операций дробления для контроля крупности дробленного продукта (рис. 3.б);
- *совмещенное*, когда обе операции соединяются в одну (рис. 3.в).

2. Подготовительное – для разделения материала на несколько классов крупности, предназначенных для последующей раздельной обработки.

Такое грохочение необходимо перед процессами гравитации и электромагнитной сепарации, поскольку требуется строго выдерживать по крупности класса и продукты, поступающие в обогатительные аппараты.

3. Самостоятельное грохочение – для выделения классов, представляющих собой готовые продукты, отправляемые потребителю. Например, выделение определенных классов крупности при использовании в дорожном строительстве. Эту операцию также называют механической сортировкой.

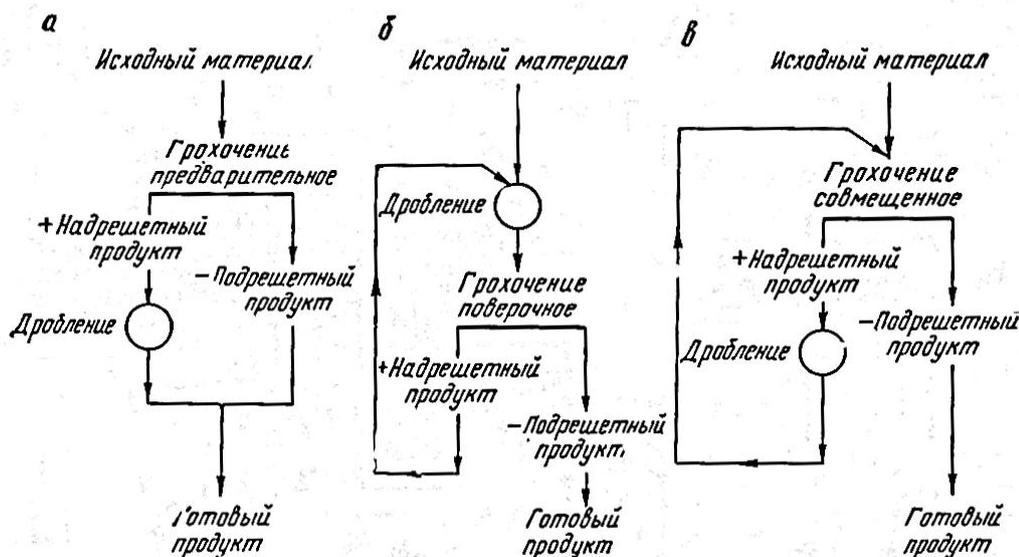


Рис. 3. Грохочение в сочетании с дроблением: а – предварительное; б – контрольное; в – совмещенное

4. Обезвоживающее грохочение (обесшламливание на грохотах) - для удаления основной массы воды, содержащейся в руде после ее промывки, или для отделения суспензии от конечных продуктов (при сепарации в тяжелой среде).

5. Избирательное грохочение – применяется для выделения класса крупности отличающегося от общей массы материала содержанием ценного компонента или другими показателями. Например, различия в твердости, крепости или форме кусков ценных компонентов и пустой породы. Данный процесс также принято называть рудоразборкой.

По условиям работы грохота операции грохочения подразделяются на несколько видов соответственно крупности наибольших кусков в исходном питании и размерам отверстий просеивающих поверхностей. В зависимости от этих условий различают: предварительное (удаление негабаритов), крупное, среднее, мелкое и тонкое грохочение (таб. 1).

Таблица 1

Условное обозначение операций грохочения

Наименование операции	Диаметр зерна в питании, мм	Размер отверстия сетки грохота, мм
Предварительное (удаление негабаритов)	+1500	Размер отверстия сетки равен ширине приемной части дробилки крупного дробления
Крупное	-1500+300	300-100
Среднее	-300+100	100-25
Мелкое	-100+10	25-5
Тонкое	-10	5-0,05

На некоторых предприятиях применяют особо тонкое грохочение на ситах с размером отверстий до 0,045 мм (сортировка абразивного зерна и шлифовальных порошков, рассев проб при ситовом анализе).

Рабочая (просеивающая) поверхность грохота

Рабочей поверхностью грохота называют плоскую, реже цилиндрическую или коническую поверхность, имеющую отверстия, на которой осуществляется процесс отсева материала по классам крупности.

В качестве рабочей поверхности используют колосниковые решетки; листовые сита (решета), выполненные из перфорированной стали и проволочные сетки.

Конструкция просеивающей поверхности зависит от технологического назначения грохота и условий его работы.

Колосниковые решетки. Применяют крупного, реже среднего грохочения как в неподвижных, так и в подвижных грохотах.

Решетки собираются из стержней или колосников, располагающихся параллельными рядами, и скрепляются поперечными балками (рис. 4).

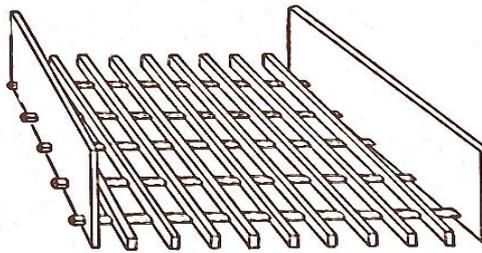


Рис. 4. Общий вид колосниковой решетки

Размер отверстий решетки (l) определяется шириной щели в свету между колосниками. Размер отверстий не менее 50 мм.

Чаще всего колосниковые решетки собираются на обогатительных фабриках подручных материалов, поэтому форма сечения может быть самой разнообразной (рис. 5).

Для грохочения крупнокускового материала применяют решета, собранные из сварных металлических балок, защищенных от износа сменными плитами из марганцовистой стали. Средний срок службы ≈ 2500 ч.

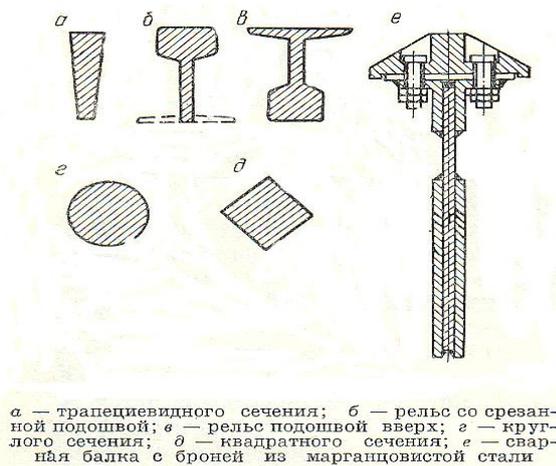


Рис. 5. Формы сечений колосников

Листовые сита (решета) – применяют в подвижных грохотах, предназначенных для среднего и мелкого грохочения. Они представляют собой стальные листы с проштампованными или просверленными отверстиями различной формы (рис. 6).

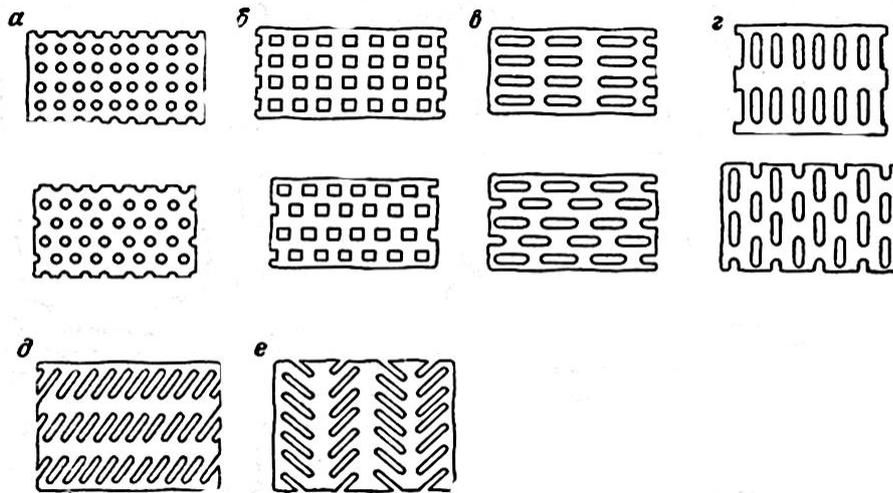


Рис. 6. Формы и расположение отверстий в листовых ситах: а – круглые; б – квадратные; в, г, д, е – щелевидные

Чаще всего используют круглые и щелевидные отверстия. Листовые сита (решета) с квадратными и круглыми отверстиями стандартизованы.

Например, квадратные отверстия имеют размеры: 5; 6; 13; 14; 16; 20 150 мм.

Круглые отверстия имеют диаметр: 7; 12; 15; 18; 20 95 мм.

Толщина листа (*h*) для сит с отверстиями больше 10 мм равна 4-6 мм; для сит с отверстиями 30-60 мм - 8-10 мм.

Изготавливают сита из сталей разных марок и сплавов. Чаще всего применяются листовые сита с размерами отверстий 10-80 мм. Срок службы листовых решет ≈ 700 ч (при непрерывной работе). Этот срок может быть увеличен при наплавке твердого сплава на рабочую поверхность или на кромки ячеек (рис.7).

В настоящее время на обогатительных фабриках широко применяют решета, выполненные из резины или полиуретанового каучука. Изготавливают с квадратными, круглыми или треугольными отверстиями размером 3-20 мм, методом прессования (рис. 8). Толщина резинового листа 3-6 мм. При работе с глинистыми материалами для уменьшения заиливания отверстия могут иметь трапециевидную форму.

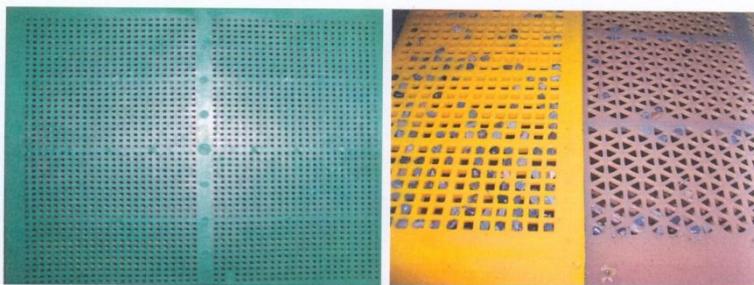


Рис. 8. Полиуретановые просеивающие поверхности фирмы «MULTOTEK»

Применяют резиновые листовые сита при грохочении абразивного материала, углей, алмазов. Срок службы данных поверхностей ≈ 2000 ч.; при работе с углем ≈ 2 года.

Проволочные сетки (проволочные сита) – состоят из стержней (проволок), пересекающихся под прямым углом и образующих квадратное или прямоугольное отверстия размером от 25 до 0,04 мм.

В качестве расходного материала может быть использована стальная, латунная, медная, бронзовая или никелевая проволока.

Различают тканые сетки, сборные из канилированных (рифленых) проволок и сварные, в которых проволоки в местах пересечения сваривают.

1. Тканые сетки изготавливают двух типов:

а) *простого (полотняного) плетения* – при котором каждая проволока основы (продольная) переплетается с каждой проволокой утка (поперечной);

б) *саржевого плетения* – при котором проволоки основы и утка переплетаются через две проволоки, применяют для самых мелких сеток 0,074-0,04 мм.

2. Сборные сетки – составляют из канилированной (волнистой) предварительно рифленой проволоки. В соответствии с ГОСТом 3306-70 сетки могут быть:

а) *частичной рифленые* (ЧР) – проволоки утка имеют рифления (изгиб) в местах переплетения, проволоки основы не изгибаются;

б) *рифленые* (Р) – проволоки основы и утка имеют изгиб в местах переплетения;

с) *сложно рифленые* (С) – проволоки основы и утка имеют дополнительные изгибы по сторонам ячейки.

При грохочении влажных материалов применяют *серпантинные сетки* – продольно изогнутые проволоки, образующие квадратные отверстия. Каждая проволока может колебаться отдельно и тем самым очищать отверстия сетки от налипшего материала.

Существуют аналоги применения вместо металлической проволоки капроновых нитей (повышенный срок эксплуатации, меньше шума).

Срок службы проволочных сит зависит от износостойкости и диаметра проволок, размера отверстий сетки, производительности грохота, крупности, плотности и абразивности материала, а также способа крепления сита. В среднем: для сеток с размером отверстий до 13 мм срок эксплуатации около 25 дней; для сеток с большими отверстиями порядка 25-40 дней.

Процессы дробления и измельчения

Процессы дробления и измельчения применяются для доведения минерального сырья до необходимой крупности, требуемого гранулометрического состава или заданной степени раскрытия минеральных сростков. При этом зерна разрушаются под действием внешних сил преимущественно по ослабленным сечениям, имеющим трещиноватости или другие дефекты структуры, при переходе предела прочности материала на сжатие, растяжение, изгиб и сдвиг.

Различные способы дробления и измельчения отличаются видом основной необратимой деформации.

Основные способы разрушения:

1. Раздавливание- разрушение, возникающее при превышении предела прочности при сжатии.

2. Раскалывание – разрушение, возникающее при превышении предела прочности при растяжении.

3. Удар – разрушение, возникающее при динамических нагрузках на зерно.

4. Истирание- разрушение, возникающее при превышении предела прочности при сдвиге.

5. Излом – разрушение, возникающее при превышении предела прочности при изгибе.

Выбор способа дробления зависит от физических свойств руды, исходной и конечной крупности продуктов. Наиболее предпочтительные способы разрушения:

- для твердых руд – удар, раздавливание;

- для хрупких – раскалывание и излом;

- для вязких – раздавливание и истирание.

Разрушение руды при крупном дроблении производят раздавливанием и раскалыванием, при среднем и мелком – ударом и истиранием.

*При дроблении и измельчении заметное влияние оказывают **физико-механические свойства горных пород**, такие как: прочность (крепость), дробимость, измельчаемость, абразивность.*

1. Прочность (крепость) – это способность горных пород противостоять разрушению под действием внешних сил. Она характеризуется предельными напряжениями, которые могут быть созданы в опасном сечении тела при разных видах разрушающих воздействий. **Наиболее выгодным видом деформирующего разрушения является растяжение (раскалывание)**, но по конструктивным соображениям в

современной практике дезинтеграции **основным разрушающим воздействием является раздавливание.**

Для характеристики прочности горных пород используют величину предельного напряжения на сжатие либо коэффициент крепости (f), разработанный проф. М.М. Протоdjаконовым.

По шкале Протоdjаконова все горные породы делятся на 10 категорий, характеризующихся коэффициентом крепости от 0,3 для самых слабых (пльвуны, болотистый грунт) до 20 для наиболее прочных пород (железистые кварциты и базальты). От коэффициента крепости зависит число стадий дробления.

2. Дробимость – это обобщающий параметр, характеризующий энергоемкость процесса дробления. Энергоемкость процесса дробления зависит от механических свойств горных пород, таких как: упругость, прочность, пластичность, влажность, абразивность).

Дробимость оценивают по индексу чистой работы дробления (W_i) и типовым характеристикам разгрузки стандартных дробилок. (Например, для медных руд $W_i=7,13$ кВтч/т; для железных руд $W_i=17,5$ кВтч/т).

3. Измельчаемость руды оценивают по удельной производительности лабораторной мельницы по вновь образованному расчетному классу, при измельчении аналоговой и исследуемой руды в мельницах барабанного типа.

4. Абразивность - способность горных пород изнашивать рабочие органы в процессе дробления (измельчения) при трении. За критерий абразивности (A_i) принимают, суммарную потерю в массе стержня из незакаленной стали, истирающегося о поверхность образца породы своим торцом в течение 10 минут. (для медных руд $A_i=0,147$ г; для железных руд $A_i=0,775$ г). От показателя абразивности зависит выбор формы сечения футеровочных плит и материала для их изготовления.

Классификация дробильного оборудования

По технологическому назначению все машины, применяемые для разрушения кусков руды, делятся на две основные разновидности: дробилки и мельницы.

В дробилках между дробящими деталями всегда имеется некоторый зазор, заполняемый материалом при работе под нагрузкой и остающийся свободным при работе на холостом ходу.

В мельницах измельчающие детали отделяются друг от друга слоем материала только под нагрузкой, а при работе на холостом ходу они соприкасаются.

Дробилки, благодаря наличию некоторого «калибрующего» зазора выдают преимущественно крупный продукт с относительно небольшим количеством тонких фракций. Мельницы, где рабочий зазор между измельчающими телами приближается к нулю, выдают преимущественно порошкообразный продукт, с преобладанием мелких фракций.

В зависимости от способа разрушения материала **дробилки делятся на:**

1. Щековые – разрушение материала раздавливанием, раскалыванием и частичным истиранием в рабочем пространстве, образованном двумя щеками, при их периодическом сближении (крупное дробление).

2. Конусные - материал дробится раздавливанием, изломом и частичным истиранием между двумя коническими поверхностями, одна из которых движется эксцентрично по отношению к другой (крупное, среднее и мелкое дробление).

3. Валковые дробилки - раздавливание материала между валками, вращающимися на встречу друг другу или между валками и колосниковой решеткой.

4. Ударные дробилки – делятся на молотковые и роторные – основной способ разрушения удар шарнирно подвешенных молотков или жестко укрепленных бил.

Молотковая дробилка Роторная дробилка

Применяются в основном для среднего и мелкого дробления, а также для крупного дробления хрупких пород.

Щековые дробилки

Щековые дробилки были разработаны в 1858 Блеком. Их используют на стадии первичного дробления руды с плотностью до $1,8 \text{ т/м}^3$ на обогатительных фабриках.

Общую классификацию щековых дробилок можно представить следующим образом:

В дробилках с простым движением щеки ЩДП (а) подвижная щека совершает простые возвратно-поступательные перемещения в горизонтальной плоскости, приближаясь и удаляясь от неподвижной щеки под воздействием эксцентриково-шатунного механизма, приводящего в движения распорные плиты. При этом материал, попавший в рабочую зону, подвергается разрушению раздавливающими усилиями щек.

В дробилках со сложным движением щеки ЩДС (б) подвижная щека подвешена непосредственно на эксцентриковом валу, а нижняя ее часть шарнирно соединяется с распорной плитой. Траектория движения точек щеки представляет собой овалообразные кривые со значительным вертикальным перемещением, что обуславливает не только раздавливающее, но и истирающее действие щеки.

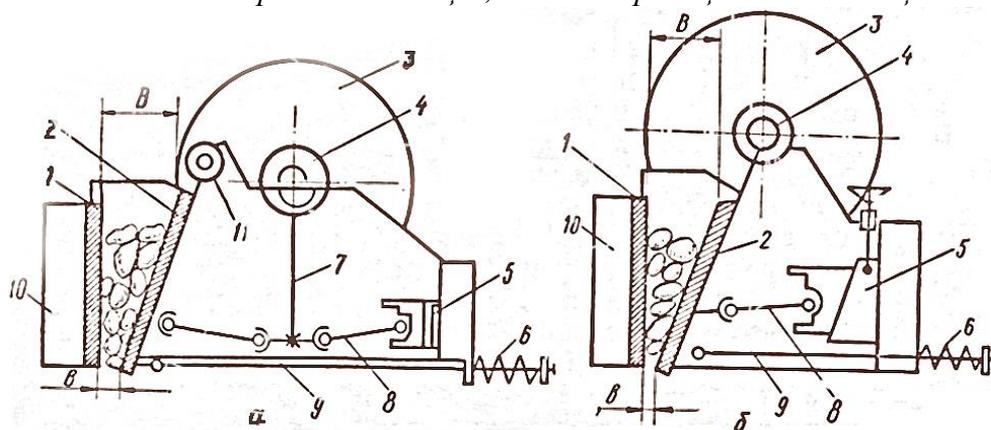


Рис. 37. Конструктивные схемы щековых дробилок простым (а) и сложным (б) движением щеки: 1, 2 – неподвижная и подвижная щеки; 3 – маховик; 4 – эксцентриковый (главный) вал; 5 – гнездо упора распорных плит; 6 – пружины замыкающего механизма; 7 – шатун; 8 – распорная плита; 9 – тяга замыкающего механизма; 10 – станина; 11 – ось подвеса подвижной щеки; в – ширина разгрузочной щели (минимальная)

В отечественной практике применяют преимущественно дробилки с простым движением щеки.

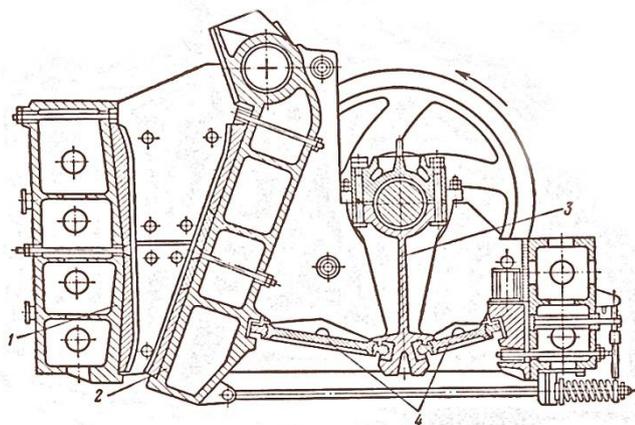


Рис. 38. Щековая дробилка ЩДП-15x21 с простым движением щеки. Корпус дробилки включает переднюю стенку (1), выполняющую роль неподвижной щеки. Подвижная щека (2) подвешена в горизонтальном валу и совершает возвратно-

поступательные движения вследствие вращения вала, на котором эксцентрично посажена головка шатуна (3), совершающего такие же движения в вертикальном направлении и передающего через распорные плиты (4) усилия на щеку и упорную коробку. Последняя крепится с помощью винта и может перемещаться в вертикальном направлении, тем самым, изменяя ширину разгрузочной щели.

К нижнему концу щеки крепится тяга с буферной пружиной, что способствует отходу подвижной щеки от неподвижной при ходе шатуна вниз. На концах вала насажены два маховика для выравнивания нагрузки электродвигателя, передающего вращательный момент на вал посредством клиноременной передачи и приводного шкива.

При дроблении в щековых дробилках руда загружается в приемное отверстие между щеками. По мере уменьшения размеров куски руды опускаются вниз к выходной щели. Максимальная степень дробления, которую можно достичь в щековых дробилках составляет 8. Обычно они работают при степенях дробления от 3-4.

В целях предотвращения быстрого износа рабочее пространство дробилки, образованное подвижной и неподвижной щеками и боковыми стенками, защищено плитами из износостойчивой стали. Подвижная и неподвижная щеки футеруются плитами, имеющими ребристую или волнистую форму. Выступы на плите неподвижной щеки располагаются против впадин на плите подвижной щеки. Это облегчает дробление кусков, так как дробящие усилия концентрируются на меньшей площади, соответствующей выступам футеровочных плит, и раздавливание частично заменяется другими видами деформации, как например, изгибом, сдвигом, для которых дробимые материалы имеют меньшие пределы прочности. Боковые стенки станниты футеруются гладкими плитами, так как не испытывают разрушающего усилия. Распорные плиты изготавливают из относительно хрупкого материала (например, серого чугуна), так как они предохраняют дробилку от поломок при попадании каких-либо сверхтвердых частей (куски металла и т.д.). В момент попадания в дробилку не дробимых предметов происходит раскол одной распорной плиты (чаще задней), ширина разгрузочной щели резко увеличивается и предмет проваливается вниз.

Одним из основных технологических факторов, определяющих эффективность работы щековой дробилки, является **угол захвата α** , представляющий собой угол, образованный подвижной и неподвижной щеками дробилки и обеспечивающий захват куска без выталкивания его вверх из приемного отверстия.

Для правильной работы щековой дробилки угол захвата α должен быть меньше двойного угла трения φ . При значении коэффициента трения скольжения между рудой и рабочей поверхностью щеки $f=0,1-0,3$ угол α должен быть $15-24^\circ$.

Оптимальная частота вращения эксцентрикового вала n , равная числу полных движений подвижной щеки в 1 мин, при которой достигается максимальная производительность дробилки, зависит от ширины приемного отверстия дробилки. Ее можно определить по формуле

$$n=182,6\sqrt{B}, \text{ об/мин}$$

где B – ширина приемного отверстия, м.

Дробленая руда из щековой дробилки разгружается на протяжении всего цикла движения щеки, однако за период холостого хода ее разгружается больше, чем при рабочем ходе.

Объемную производительность щековой дробилки можно рассчитать по формуле

$$Q = L\sqrt{B(1479b - 40B)}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где L и B – длина и ширина приемного отверстия, м;

b – максимальная ширина выходной щели.

Массовая (весовая) производительность

$$Q_o = \delta Q, \text{ т/ч}$$

где δ – плотность материала, т/м^3 .

Потребная мощность электродвигателя при дроблении в щековых дробилках зависит от факторов, таких как крепость руды, влажность, размер куска и может быть определена по эмпирической формуле

$$N = cLB, \text{ кВт}$$

где L и B - длина и ширина приемного отверстия, см;

c - коэффициент, принимаемый в зависимости от размеров загрузочного отверстия;

$c=1/60$ – для дробилок размером меньше 250x400мм;

$c=1/100$ – для дробилок от 250x400 мм до 900x1200мм;

$c=1/120$ – для дробилок размером 900x1200мм и более.

Мощность установленного электродвигателя принимают на 50% больше потребляемой для предотвращения перегрузки двигателя в момент запуска дробилки и работы ее при полной загрузке.

В настоящее время щековые дробилки широко применяются на обогатительных фабриках, поскольку достаточно просты конструктивно, стабильны и устойчивы в работе, удобны в обслуживании и ремонте. Однако обладают повышенной энергоемкостью, склонны к забиванию при неравномерном питании, имеют небольшую степень дробления и выдают продукт неравномерный по гранулометрическому составу.

Конусные дробилки

Наиболее универсальными из существующих дробильных агрегатов, способных разрушать материалы прочностью до 20 по шкале М.М. Протодьяконова, являются конусные эксцентриковые дробилки, созданные для процессов крупного, среднего и мелкого дробления.

Классифицируют конусные дробилки следующим образом:

I. По кинематическому признаку различают:

- дробилки с неподвижным вертикальным валом, геометрическая ось дробящего конуса которых остается параллельной своему первоначальному положению, применяют крайне редко в связи с малой работой дробления и быстрым износом футеровочных плит (в России в настоящее время не выпускаются);

- дробилки с подвижным вертикальным валом, ось которых образует малый угол с осью симметрии дробилки, за счет чего все точки дробящего конуса описывают конические поверхности разного радиуса. Радиус круговых движений тем больше, чем токи ближе к выходной щели.

II. По способу крепления центрального вала различают дробилки:

- с подвесным валом, укрепленным на верхнем шарнире в гнезде двухлапой траверсы. Они имеют крутой конус (с большим радиусом кривизны) и применяются для крупного дробления;

- с консольным валом с опорой в центральной части на опорный подпятник. Имеют пологий конус и применяются для мелкого и среднего дробления.

III. В зависимости от типа приводного механизма различают дробилки:

- с эксцентриковым механизмом (за рубежом называются гирационные) применяются для крупного ККД и КРД, среднего КСД и мелкого КМД дробления;

- с дебалансным вибровозбудителем КИД (инерционные) применяются для мелкого и особо тонкого дробления.

Не зависимо от типа дробилки материал разрушается в кольцевом пространстве, образованном наружной неподвижной конической чашей (верхней частью станины дробилки) и расположенным внутри этой чаши подвижным дробящим конусом, насаженным на вал. У дробилок для крупного дробления вал подвешивается к верхней траверсе, а у дробилок для среднего и мелкого дробления подвешивается на сферический подпятник, на который опирается дробящий конус, жестко закрепленный на валу. Дробилки с таким подвесом вал еще называют – дробилками с консольным валом.

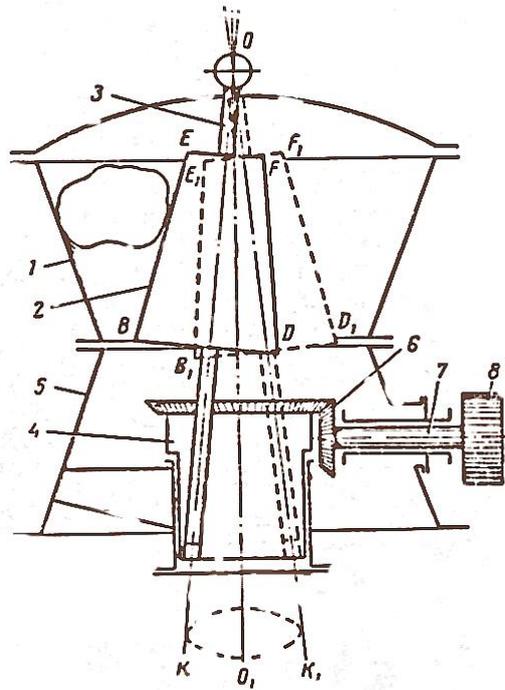


Рис. 39. Схема конусной дробилки для крупного дробления с подвешенным валом (ККД): 1 – верхняя часть станины (неподвижная коническая чаша); 2 – дробящий конус; 3 – вал; 4 – эксцентриковый стакан; 5 – нижняя часть станины; 6 – коническая передача; 7 – приводной вал; 8 – шкив

Дробилка типа ККД имеет корпус, состоящий из нижней и верхней частей. Верхняя часть станины представляет собой неподвижный конус (чашу), обращенный большим основанием вверх, внутри которого производится дробление. Угол наклона конической поверхности (угол между образующей конуса и вертикалью) составляет 17-20°. Внутренняя поверхность неподвижного конуса футеруется плитами из марганцовистой стали. Подвижный дробящий конус жестко закреплен на валу и также покрыт футеровкой. Вал дробилки подвешен в специальном гнезде в центральной головке траверсы.

Нижний конец вала свободно входит в длинный полый эксцентриковый стакан, вставленный во втулку, ось которой совпадает с вертикальной осью дробилки и отлита заодно с нижней частью корпуса, где размещается привод дробилки, состоящей из пары конических зубчатых шестерен, одна из которых закреплена на эксцентриковом стакане, а другая на валу привода. Стакан за счет шестерен вращается, и ось вала описывает коническую поверхность, благодаря чему подвижный дробящий конус совершает круговые движения, приближаясь и удаляясь от поверхности неподвижного конуса. Исходный материал загружается сверху, а дробленный продукт разгружается под дробилку.

Производительность дробилок ККД определяют по формуле

$$Q = K_1 K_k K_m K_b D^2 r n_o b; \text{ м}^3/\text{ч}$$

где K_1 – коэффициент пропорциональности (0,6-0,7);

K_k, K_m, K_b – поправочные коэффициенты соответственно на крупность, твердость, влажность;

D – диаметр дробящего конуса, м;

r – эксцентриситет конуса в плоскости выходной щели, мм;

n_o – частота качаний дробящего конуса, об/мин;

b – размер выпускной щели в разомкнутом положении, м.

Конусные дробилки применяются для крупного дробления ($i=3-6$). Дробилки высокопроизводительны, могут работать «под завалом», но для их установки требуется значительная высота производственных зданий.

Конусные дробилки для среднего КСД и мелкого КМД дробления имеют сходные конструкции. Они отличаются лишь размерами приемных отверстий, выпускных щелей и профилем дробящей зоны. От дробилок крупного дробления их отличают характер расположения неподвижного конуса (чаши), который повернут большим основанием вниз, и более пологая форма подвижного конуса.

Рис. 40. Схема конусной дробилки для среднего и мелкого мелкого дробления: 1 – литой корпус; 2 – пружины; 3 – опорное кольцо; 4 – скрепляющие болты; 5 – коническая чаша; 6 – загрузочная коробочка; 7 – дробящий конус; 8 – распределительная тарель; 9 – центральный вал; 10 – рабочий вал; 11 – эксцентриковый стакан; 12, 13 – конические шестерни; 14 – приводной вал; 15 – цилиндрическая втулка

Производительность дробилок КСД и КМД можно определить по формуле

$$Q = K_0 n b D^2, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где K_0 - коэффициент пропорциональности (0,6-0,7);

n_0 – частота качаний дробящего конуса, об/мин;

b – размер выпускной щели в разомкнутом положении, м.

D – диаметр дробящего конуса, м;

Степень дробления КСД и КМД – 4-6 (в замкнутом цикле до 8).

Конусная инерционная дробилка (КИД.) Основное отличие данного типа дробилок заключается в том, что эксцентрик заменен приводным вибратором дебалансного типа.

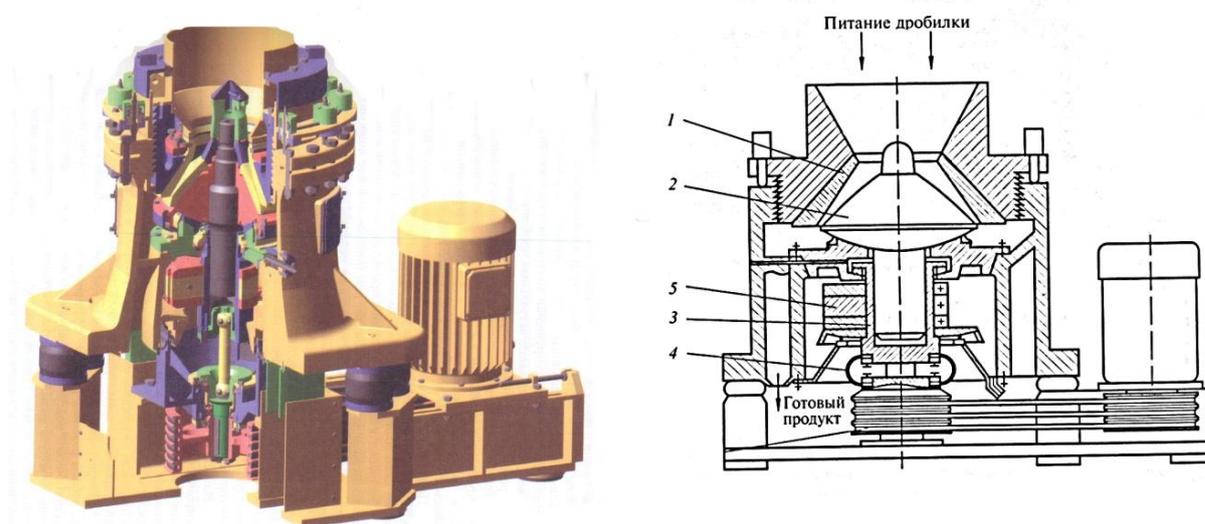


Рис. 41 Принципиальная схема и общий вид промышленной дробилки КИД: 1 – цилиндрическая чаша; 2 – дробящий конус; 3 – вал; 4 – гибкая трансмиссия; 5 – дебалансный вибратор

Дробилка содержит цилиндрическую чашу (1) и внутренний (2) дробящий конус, защищенные бронями, которые образуют камеру дробления. На валу (3) дробящего конуса с помощью подшипника смонтирован дебалансный вибратор (5), приводимый во вращение через гибкую трансмиссию (4). При вращении дебалансного вибратора создается центробежная сила, заставляющая дробящий конус обкатываться по цилиндрической чаше без зазора, если в камере дробления нет перерабатываемого материала или через слой этого материала.

В рабочем режиме внутренний подвижный конус может менять свою амплитуду в зависимости от неравномерности сопротивления дробимого материала по окружности дробящей полости, за счет отсутствия жестких кинематических связей между конусами. Таким образом, КИД не имеет разгрузочного зазора в понимании, принятом для эксцентриковых дробилок. Под шириной разгрузочной щели в КИД понимают размер диаметрального кольцевого зазора между конусами при совмещении их осей.

Валковые дробилки

Основным рабочим элементом валковой дробилки является вращающийся на горизонтальной оси цилиндрический валок. Подлежащий дроблению материал подается сверху, затягивается между валками или валком и футеровкой камеры дробления и в результате этого разрушается.

Классифицируют валковые дробилки следующим образом:

I. В зависимости от количества дробящих валков различают: одно-, двух-, трех- и четырехвалковые дробилки.

II. В зависимости от вида валков различают дробилки с гладкими, рифлеными и зубчатыми валками. Зубчатые валки могут быть с короткими зубьями (высота зуба менее 0,1 диаметра валка) и длинными зубьями (высота зуба более 0,1 диаметра валка).

Существенным недостатком валковых дробилок является интенсивное и неравномерное изнашивание рабочих поверхностей валков (бандажей) при дроблении прочных и абразивных пород. Бандаж изнашивается в основном в средней части валка, что не дает возможность поддерживать стабильный размер выходной щели по всей ее длине. Кроме того, валковые дробилки обладают сравнительно невысокой удельной производительностью.

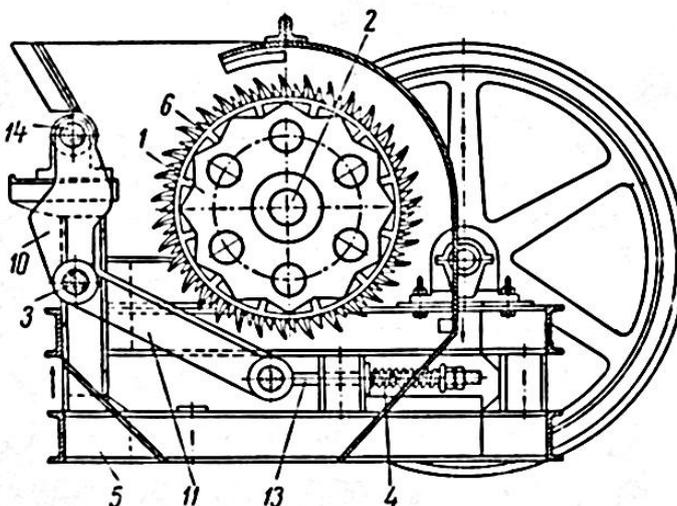


Рис. 42. Одновалковая зубчатая дробилка: 1 – зубчатый валок; 2 – центральный вал; 3 – шарнирное крепление колосниковой решетки; 4 – пружина; 5 – станина; 6 – зубцы; 7 – приводной вал; 8 – колосники; 9 – зубчатая передача; 10, 11 – решетка; 12 – приводной шкив; 13 – тяга

Разрушение материала, поступающего сверху, происходит за счет раздавливания и частичного истирания между зубчатым валком и колосниками сборной решетки. Дробленый продукт проваливается вниз через отверстия решетки.

При попадании в дробилку недробимых предметов колосниковая решетка отходит, сжимая пружины, и пропускает предмет. В следствие того, что материал дробится на колосниковой решетке, и своевременно удаляется из процесса не происходит его переизмельчения.

Угол захвата – у валковых дробилок с гладкими валками называется углом, образованный двумя касательными, проведенными к поверхностям валков в точках соприкосновения с дробимым куском.

$$\alpha \leq 2\varphi - \text{где } \varphi - \text{ угол трения}$$

Практически, угол захвата – 11-15°.

Отношение диаметра валка и максимального куска в питании. Для бесперебойного эффективного разрушения руды принятое отношение равно:

- гладкие валки $D/d = 20$;
- рифленые валки $D/d = 10$;
- зубчатые валки $D/d = 2$.

Частота вращения валков. Условия захвата кусков руды валками зависят от окружной скорости, чем выше скорость (частота) вращения валков, тем ниже коэффициент трения μ , соответственно, производительность дробилки.

Частоту вращения (об/с) определяют по формуле предложенной проф. Л.Б. Левенсоном

$$n = 102,5 \sqrt{f / (\rho d D)};$$

f – коэффициент трения материала о валок;

ρ – плотность материала;

d – диаметр максимального куска в питании, м;

D – диаметр валка, м.

Чем больше диаметр валка, тем меньше должна быть скорость его вращения. Для определения максимальной и минимальной частоты вращения валков существует простая эмпирическая зависимость от диаметра валка, м:

$$n_{\min} = 1/D \quad n_{\max} = 2/D$$

При этом окружная скорость для рабочей поверхности валков всех дробилок получается в пределах 3-6 м/с, что обеспечивает спокойную и устойчивую работу машины и соответствует сложившейся практике эксплуатации валковых дробилок.

Производительность дробилки. Производительность валковых дробилок можно вычислить, если представить процесс дробления как движение ленты материала шириной (L), равной длине валка, и толщиной, равной ширине (s) выходной щели. Тогда за один оборот вала объем (m^3) ленты материала, прошедший через выходную щель определится по формуле,

$$V = \pi D L s.$$

Значит, при частоте (n – об/мин) объемная производительность ($m^3/ч$) дробилки

$$Q = 60 \pi n D L s;$$

Необходимо иметь в виду, что при дроблении материалов средней прочности пружины, поджимающие валки, могут несколько сжиматься и валки расходиться. При этом ширина выходной щели может существенно измениться, что нужно учитывать, особенно при мелком дроблении пород средней прочности на гладких в плотную сдвинутых валках.

Для расчета массовой производительности ($t/ч$)

$$Q = 60 \pi n D L s \mu \delta;$$

где n – частота вращения валка об/мин;

D – диаметр валка, м;

L – длина валка, м;

s – ширина щели между валками, м;

μ – коэффициент разрыхления (0,2-0,4);

δ – плотность руды, t/m^3 .

Установочная мощность электродвигателя ($Bт$) валковой дробилки:

$$N_{\text{дв}} = 1400 \sigma_{\text{сж}} n L R^2;$$

где $\sigma_{\text{сж}}$ – напряжение сжатия в МПа; R – радиус валка, м.

Дробилки ударного действия

К данной группе дробилок относятся роторные и молотковые дробилки и дезинтеграторы.

Роторные дробилки предназначены для ударного дробления различных материалов с помощью бил, жестко закрепленных на роторе, вращающемся вокруг горизонтальной оси. Применяются для разрушения различных руд, извести, гипса, угля, сырья и клинкера при производстве бетонов, дробления доменных шлаков и стекольного боя.

Данные дробилки отличаются высокими технико-экономическими показателями – большой степенью дробления, значительной производительностью, небольшим расходом электроэнергии, простотой конструкции и удобством обслуживания, а также специфическими достоинствами роторных дробилок – высокой избирательностью

дробления, высоким процентов выхода продукта кубообразной формы и меньшей чувствительностью к попаданию недробимых предметов.

Первый патент на роторную дробилку был выдан в США в 1842 г, однако широкое промышленное применение их началось в 1939 г, в России роторные дробилки стали выпускаться в 1959 г.

По конструктивным признакам роторные дробилки разделяют:

- по числу роторов на одно- и двухроторные;
- по характеру исполнения отражательных органов на дробилки с колосниковыми отражательными решетками и дробилки с отражательными плитами;
- по направлению вращения роторов на реверсивные и нереверсивные.

Наибольшее распространение получили однороторные дробилки, как наиболее простые, компактные и удобные в эксплуатации.

Молотковые дробилки

К молотковым - относят дробилки ударного действия с шарнирно закрепленными на роторе ударными элементами – молотками, дробилки отличаются высокой степенью дробления, достигающей 100.

Сравнительно небольшие размеры молотковых дробилок позволяют устанавливать их в ограниченных пространствах, например в шахтах. Герметичность корпуса и возможность плотного присоединения загрузочных и разгрузочных течек позволяют при малых затратах на аспирацию предупредить выброс пыли в окружающую среду. Большинство молотковых дробилок обладает малой чувствительностью к попаданию недробимых предметов в камеру дробления. Следует отметить такие преимущества молотковых дробилок, как простота конструкции и удобство обслуживания и ремонта, что обеспечивается наличием дверок или гидравлической системы раскрытия корпуса. Установка молотковой дробилки с динамически сбалансированным ротором не требует сооружения тяжелого фундамента.

Применяют для дробления руд различного минерального состава, а так же строительного щебня, глины, асбеста.

Однороторные молотковые дробилки – основной, наиболее многочисленный тип молотковых дробилок. Их выпускают большим количеством типоразмеров; от малых – лабораторных до крупных дробилок с ротором диаметром 2.5 м и массой 250 т. Число типоразмеров данных дробилок достигает 20 и более.

Дробилка состоит из корпуса, облицованного плитами, внутри которого расположен массивный ротор с шарнирно подвешенными на нем молотками различного веса (1 до 130 кг) и формы.

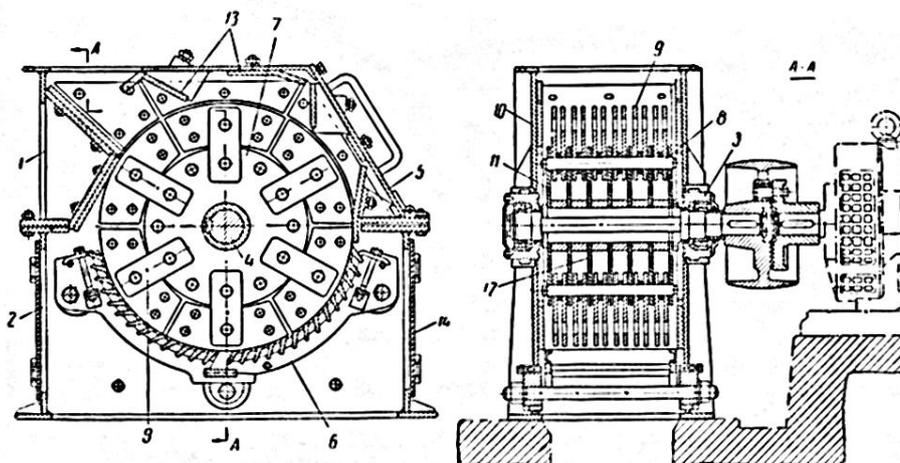


Рис. 43. Однороторная молотковая дробилка: 1, 2 - верхняя и нижняя часть корпуса; 3 – подшипники скольжения; 4 – роторный вал; 5 – откидная стенка; 6 – колосниковая решетка; 7 – ротор; 8 – стержни (ось дробящий молотков); 9 – молотки;

10 – боковые стенки; 11 – концевые диски ротора; 12 – промежуточные диски ротора; 13 – футеровочные плиты; 14 – заслонки

Молотки дробилки изготавливают из износостойчивой стали и заменяют их по мере износа (рис. 44). Различают молотки:

- колосникового типа (а), применяемые для дробления хрупких и мягких пород;
- бандажного типа (б), имеющие утолщения на рабочем конце;
- скобообразной формы, применяемые для разрушения хрупких и мягких пород (в), а также твердых материалов (г).

Рис. 44. Виды молотков: а – колосникового типа; б – бандажного типа; в – скобообразного типа

Достоинства: высокая степень дробления ($i=10-40$); возможность получения кусков кубообразной формы; малогабаритны и низкоэнергос затратны.

Недостатки: необходимость постоянного контроля за износом молотков.

Контрольные вопросы:

1. Какая дробилка является наиболее производительной?
2. Назовите область применения дробилок.

Список литературы

1. Исаев А.В. Тепловой баланс паротурбинной установки (ПТУ). Курсовая работа по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования"
2. Справочное пособие теплоэнергетика электрических станций/ под ред. А.М. Леонкова. – Минск: Беларусь, 1974. – 368 с.
3. Сорокина Л.А. Топливо и основы теории горения: учеб. пособие / Л.А. Сорокина. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. – 78 с.
4. Практические занятия по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования", 2007.

Практическое занятие № 41

Тема: Составление схем пылеприготовления.

Цель работы: Изучить и выполнить схемы приготовления.

Порядок выполнения работы:

1. Описать необходимость работы пылеприготовительных установок.
2. Описать процесс удаления загрязнений в магнитных сепараторах.
3. Описать виды схем пылеприготовления.
4. Зарисовать рис.5.8 и 5.9, описать конструкцию схем пылеприготовления.
5. Описать работу схем пылеприготовления.

Общие сведения.

Подготовка твердого топлива для сжигания его в факельных топках производится в пылеприготовительных установках. Для превращения твердого топлива в пыль необходимо осуществить следующие схемы пылеприготовления: первичную обработку, сушку, размол, отделение готовой пыли от неготовой, требующей дополнительного размола.

Первичная обработка топлива заключается в удалении из него металлических предметов и щепы, грохочении и дроблении.

Удаление металлических предметов производится для предотвращения поломки механизмов системы пылеприготовления.

Для удаления металлических предметов (болтов, гаек, железнодорожных костылей и т.д.) применяются магнитные сепараторы. Щепоуловители служат для удаления из топлива древесной щепы, попадающей в него при добыче. При попадании щепы в пылеприготовительную установку она забивает элементы системы древесной «ватой».

Грохочение применяется для отделения крупных кусков топлива от мелких. Для этого топливо пропускают сквозь качающиеся сита - решетки с размером отверстий 10-15 мм. Куски более 10-15 мм направляются в дробилки, а меньшего размера - мимо дробилок. Качество дробления определяют путем отсева дробленого топлива на сите с размером ячеек 5x5 мм.

Обычно дробление топлива производят так, чтобы остаток на сите с указанными ячейками составлял примерно 20 %.

Дробление топлива производят в молотковых или валковых дробилках. В молотковой дробилке дробление топлива происходит за счет удара вращающихся молотков, шарнирно укрепленных на роторе. Валковые дробилки выполняют в виде вращающихся навстречу друг другу двух валов с насаженными на них шипами-зубьями.

Предварительное дробление топлива повышает эффективность его сушки и превращения в пыль. Чаще всего процессы сушки и размола совмещают, производя их в устройствах, называемых мельницами.

Отделение готовой пыли в процессе размола топлива осуществляется в **сепараторах**. Это необходимо потому, что при размоле образуются мелкие (готовые) и крупные (неготовые) пылинки. Если готовые пылинки своевременно не удалить из мельницы, то они будут переизмельчаться, излишне загружая мельницу. При этом производительность мельницы снизится, а расход электроэнергии возрастет. Пылеприготовительные установки могут иметь различные технологические схемы. Различают центральные и индивидуальные системы пылеприготовления. При **центральной** системе пылеприготовления пыль готовят на пылезаводе для всей котельной, а при **индивидуальной** системе - только для определенного котлоагрегата. Соответственно при индивидуальной системе все устройства для приготовления пыли располагают в

непосредственной близости к котлоагрегату. Для промышленных парогенераторов и водогрейных котлов применяют только индивидуальные системы пылеприготовления. Такие системы могут быть с прямым вдуванием или с пылевым промежуточным бункером. В первом случае пыль из мельниц вместе с отработанным сушильным агентом направляется в горелки. Во втором - пыль собирается в пылевом бункере и из него направляется в горелки.

Схемы пылеприготовления могут быть замкнутыми или разомкнутыми.

При замкнутой схеме сушильный агент вместе с пылью сбрасывается в топку, а при разомкнутой отработанный сушильный агент сбрасывается в атмосферу. Схема с прямым вдуванием топлива всегда замкнутая, а с промежуточным пылевым бункером может быть и замкнутой, и разомкнутой. В промышленных и отопительных котельных установках, как правило, применяются только замкнутые схемы, т. е. схемы со сбросом сушильного агента в топку.

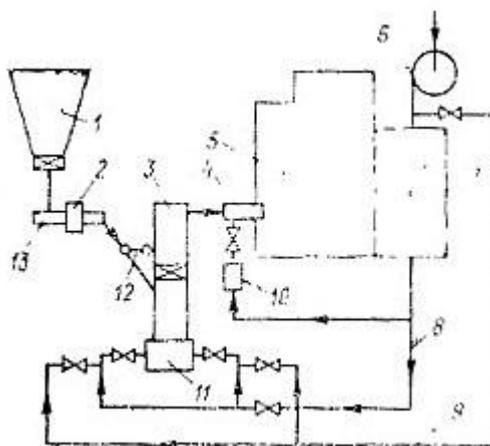
В промышленных и отопительных котельных установках преимущественно применяются индивидуальные схемы пылеприготовления с прямым вдуванием пыли как более простые и дешевые. Индивидуальные схемы пылеприготовления с промежуточным пылевым бункером применяются для энергетических парогенераторов большой мощности при сжигании антрацитов и тощих углей с малым выходом летучих (6-15%). Эти схемы сложны и дороги.

Выбор схемы и расчет пылеприготовительного оборудования производится в соответствии с нормами расчета и проектирования пылеприготовительных установок, разработанными ВТИ и ЦКТИ.

На рис. 5-8 и 5-9 в качестве примера показаны принципиальные схемы пылеприготовления, широко применяемые в промышленных и отопительных котельных установках.

Рис. 5-8. Индивидуальная схема пылеприготовления с молотковыми мельницами и прямым вдуванием пыли в топку

1 — топливный бункер; 2 — весы; 3 — гравитационный сепаратор; 4 — амбразура или горелка; 5 — топка парогенератора; 6 — дулевой вентилятор; 7 — воздухоподогреватель; 8 — воздухопровод горячего воздуха; 9 — воздухопровод холодного воздуха; 10 — короб вторичного воздуха; 11 — молотковая мельница; 12 — мигалка; 13 — питатель топлива



сжигаемого топлива (влажности, твердости, выхода летучих) и мощности парогенератора или водогрейного котла.

Контрольные вопросы:

1. Какая дробилка применяется для удаления загрязнений?
2. От чего зависит схема и конструкция применяемого оборудования?

Список литературы

1. Исаев А.В. Тепловой баланс паротурбинной установки (ПТУ). Курсовая работа по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования"
2. Справочное пособие теплоэнергетика электрических станций/ под ред. А.М. Леонкова. – Минск: Беларусь, 1974. – 368 с.
3. Сорокина Л.А. Топливо и основы теории горения: учеб. пособие / Л.А. Сорокина. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2004. – 78 с.
4. Практические занятия по дисциплине "Анализ теплотехнической эффективности оборудования", 2007.

Практическое занятие № 42

Тема: Составление расходных статей теплового баланса.

Цель работы: Произвести расчет расходной статьи теплового баланса.

Порядок выполнения работы:

1. Рассчитать расходную статью теплового баланса.

По результатам опытов расходные статьи теплового баланса печи рассчитываются по следующим формулам:

- Тепло, затраченное на нагрев металла

$$Q_i = G_i / 3600 \cdot \tilde{N}_i \cdot (t_{i\hat{E}} - t_{i\hat{I}}) = 420 / 3600 \cdot 0,683 \cdot (1180 - 20) = 92.43 \text{ , кВт},$$

где G_i - производительность печи, кг/ч;

\tilde{N}_i - теплоемкость металла, $\hat{E}\hat{A}\hat{e} / (\hat{e}\hat{a} \cdot \hat{E})$;

$t_{i\hat{E}}$ - конечная температура нагрева металла, $^i\tilde{N}$;

$t_{i\hat{I}}$ - начальная температура нагрева металла, $^i\tilde{N}$.

- Потери тепла с уходящими газами

$$Q_{o\hat{o}} = V_{o\hat{o}} \cdot t_{o\hat{o}} \cdot \tilde{N}_{o\hat{o}} = 0.15 \cdot 600 \cdot 1.498 = 134.82 \text{ , кВт},$$

где $t_{o\hat{o}}$ - температура уходящих газов, $^i\tilde{N}$;

$\tilde{N}_{o\hat{o}}$ - теплоемкость уходящих газов, $\hat{E}\hat{A}\hat{e} / (\hat{i}^3 \cdot \hat{E})$;

$V_{o\hat{o}}$ - расход продуктов горения, m^3/c .

- Тепло, уносимое охлаждающей водой

$$Q_{i\hat{o}\hat{E}} = G_{i\hat{o}\hat{E}} / 3.6 \cdot \Delta t_{i\hat{o}\hat{E}} \cdot \tilde{N}_{i\hat{o}\hat{E}} = 1 / 3.6 \cdot 40 \cdot 4.2 = 46.67 \text{ , кВт};$$

где $G_{i\hat{o}\hat{E}}$ - расход охлаждающей воды, кг/ч;

$\Delta t_{i\hat{o}\hat{E}}$ - разница температур воды до и после охлаждения, $^i\tilde{N}$;

$\tilde{N}_{i\hat{o}\hat{E}}$ - теплоемкость охлаждающей воды, $\hat{E}\hat{A}\hat{e} / (\hat{e}\hat{a} \cdot \hat{E})$.

- Потери тепла излучением через открытое окно печи

$$Q_{\hat{E}\hat{C}\hat{E}} = 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot (T_i^4 - T_o^4) \cdot F_{i\hat{o}\hat{A}} \cdot \Psi \cdot \Phi = 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot (1573^4 - 298^4) \cdot 1.2 \cdot 1.0 \cdot 0.4 = 166.41 \text{ , кВт};$$

где T_i, T_o - температуры печи и цеха, K;

$F_{i\hat{o}\hat{A}}$ - площадь сечения отверстия, определяется по чертежу, \hat{i}^2 ;

Ψ - доля времени, в течение которого окно открыто;

Φ - коэффициент диафрагмирования.

- Потери тепла теплопроводностью через обмуровку печи

$$Q_{\hat{E}\hat{E}} = \alpha_{\hat{A}\hat{C}} \cdot (t_{\hat{E}\hat{E}} - t_{\hat{A}\hat{C}}) \cdot F_{\hat{E}\hat{E}} = 10 \cdot (45 - 25) \cdot 22.4 = 4.48 \text{ , кВт};$$

где $\alpha_{\hat{A}\hat{C}}$ - коэффициент теплоотдачи от кладки к воздуху, $\hat{E}\hat{A}\hat{o} / (\hat{i}^2 \cdot \hat{E})$;

$t_{\hat{E}\hat{E}}, t_{\hat{A}\hat{C}}$ - температура кладки и печи, $^i\tilde{N}$;

$F_{\hat{E}\hat{E}}$ - площадь поверхности кладки, \hat{i}^2 .

Сумма расходных статей составит:

$$Q_{D\hat{A}\hat{N}\hat{o}} = Q_i + Q_{o\hat{o}} + Q_{i\hat{o}\hat{E}} + Q_{\hat{E}\hat{C}\hat{E}} + Q_{\hat{E}\hat{E}} = 92.43 + 134.82 + 46.67 + 166.41 + 4.48 = 444.81 \text{ , кВт}.$$

Контрольные вопросы:

1. Какая итоговая формула расходной статьи теплового баланса?
2. Для чего необходимо произвести расчет?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;
5. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования. – СПб.: Энергоатомиздат, 1991.

Практическое занятие № 43

Тема: Составление приходных статей теплового баланса.

Цель работы: Произвести расчет приходной статьи теплового баланса.

Порядок выполнения работы:

1. Рассчитать приходную статью теплового баланса.

По результатам опытов приходные статьи теплового баланса печи рассчитываются по следующим формулам.

- Химическая теплота топлива

$$Q_{\text{О}} = B \cdot Q_i^{\delta} / 3600 = 40 \cdot 36000 / 3600 = 400, \text{ кВт},$$

где B - расход топлива, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Q_i^{δ} - низшая теплота горения топлива, $\text{кДж}/\text{м}^3$.

- Физическое тепло воздуха

$$Q_{\text{АВ}} = V_{\text{АВ}} \cdot t_{\text{АВ}} \cdot \tilde{N}_{\text{АВ}} / 3600 = 400 \cdot 350 \cdot 1.315 / 3600 = 51.14, \text{ кВт},$$

где $V_{\text{АВ}}$ - расход воздуха на горение, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$t_{\text{АВ}}$ - температура воздуха, $^{\circ}\text{С}$;

$\tilde{N}_{\text{АВ}}$ - теплоемкость воздуха, $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{С})$.

- Тепло экзотермических реакций окисления Fe (на 90-95% до FeO в слабоокислительной среде) и примесей (Si, C, Mn) для малоуглеродистой стали

$$Q_{\text{УВ}} = 5652 \cdot y \cdot F = 5652 \cdot 0.0023 = 13.18, \text{ кВт}$$

y - средняя величина угара металла в процессе нагрева, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

F - обогреваемая поверхность металла, м^2 ;

5652 - тепловой эффект реакции окисления металла, $\text{кДж}/\text{кг}$.

$y \cdot F$ - масса сгоревшего металла с обогреваемой поверхности заготовки за время нагрева (принимается равной 2% от массы обогреваемого металла).

1) время нагрева принимаем равным 3600 секунд;

2) площадь обогреваемого металла при нагреве двух заготовок с размерами: диаметр 160 мм,
длина ,

$$F = 18 \cdot \pi \cdot (R \cdot l + D^2 / 4) = 2 \cdot \pi \cdot (0.08 \cdot 1.1 + 0.16^2 / 4) = 0.59, \text{ м}^2;$$

3) производительность печи по паспорту 420 $\text{кг}/\text{ч}$, отсюда

$$y \cdot F = (420 \cdot 2\% / 100\%) / 3600 = 0.0023, \text{ кг}/\text{с}.$$

Таким образом, сумма приходных статей будет равна:

$$Q_{\text{ИВ}} = Q_{\text{О}} + Q_{\text{АВ}} + Q_{\text{УВ}} = 400.0 + 51.14 + 13.18 = 464.32, \text{ кВт}.$$

Контрольные вопросы:

3. Какая итоговая формула приходной статьи теплового баланса?
4. Для чего необходимо произвести расчет?

Список литературы

6. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
7. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
8. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
9. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;
10. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования. – СПб.: Энергоатомиздат, 1991.

Практическое занятие № 44

Тема: Золоулавливание в котельных установках

Цель работы: Изучить принцип золоулавливания в котельных установках.

Порядок выполнения работы:

1. Описать для чего применяется золоулавливание в котельных установках.
2. Зарисовать рис. 75-78 и дать их описание.

Общие сведения.

Устройства золоулавливания служат для очистки дымовых газов от летучей золы и являются неотъемлемым элементом котельного агрегата. Запыленность дымовых газов зависит от вида применяемого топлива и типа топок; при сжигании топлива на ручных колосниковых решетках она составляет от 1 до 5 г/м³; при полумеханических топках с механическими или пневматическими забрасывателями запыленность достигает 6—7 г/м³.

Применение очистки дымовых газов вызвано тем, что зола, выбрасываемая с дымовыми газами в атмосферу, загрязняет воздух и прилегающую местность, что ухудшает, особенно в промышленных городах, санитарно-гигиенические условия. Нужно также иметь в виду, что летучая зола, содержащаяся в дымовых газах, истирает поверхности котла, экономайзера и ротора дымососа.

Особенно важное значение золоулавливание имеет для котельных установок, потребляющих многозольное топливо. В настоящее время запрещено утверждать проекты промышленных котельных, если в них не предусматриваются устройства по золоулавливанию.

В отопительно-производственных установках применяются механические золоуловители: простые циклоны, батарейные циклоны и жалюзийные золоуловители.

Эффективность работы золоуловителей оценивается коэффициентом обеспыливания, называемым иначе к. п. д. золоуловителя и представляющим собой отношение весового количества уловленной золы ко всему весовому количеству золы, поступившему в золоуловитель.

Нужно сказать, что частицы золы различной крупности удаляются при помощи золоуловителей не одинаково. Механические золоуловители очищают дымовые газы от

крупных зерен золы полнее, чем от мелких (размерами в 0—20 (а).

Рис. 75. Золоулавливающий циклон.

Циклон (рис. 75) представляет собой стальной цилиндрический сосуд, в который газовый поток поступает по трубе А со скоростью 10—12 м/сек по касательной к верхней цилиндрической части циклона.

Частицы летучей золы отбрасываются центробежной силой к стенке циклона и под действием тяжести постепенно опускаются к нижней трубе циклона. Дополнительная очистка газов от золы осуществляется при повороте газового потока к верхней выходной части циклона.

Плотность нижней золовой течи у циклона, необходимая для предупреждения подсоса воздуха, достигается устройством клапана — мигалки, показанного на рис. 76.

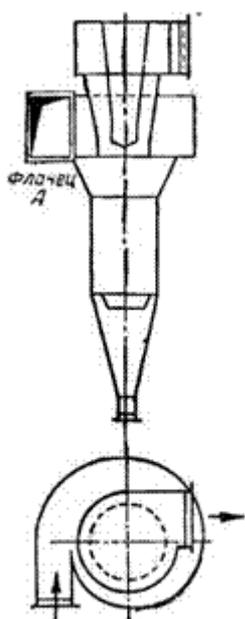


Рис. 75. Золоулавливающий циклон.

Фланец В Как только в течке накопится достаточное по весу количество золы, клапан 1 открывается и зола высыпается из течки, после чего противовес 2 заставляет клапан закрыться и прижимает его к стенкам течки. К. п. д.

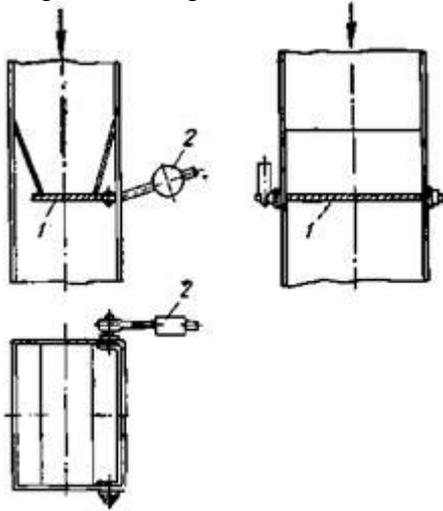


Рис. 76. Клапан-мигалка.

Циклона составляет около 40—50%. В котельной устанавливают по два циклона на 1—3 котла.

Батарейные циклоны (рис. 77) состоят из рядов небольших стальных цилиндров 1. Внутри циклонов имеются чугунные или стальные винтовые лопасти 4, которые обеспечивают завихрение газового потока перед его поворотом в выхлопные трубы 3. Отделившаяся зола спускается через патрубки 2. К. п. д. батарейных циклонов в среднем можно считать равным 65%. Гидравлическое сопротивление этих циклонов равно 30—40 мм вод. ст. при нормальной нагрузке котла.

Батарейные циклоны устанавливают при котлах паропроизводительностью до 10 т/час только в тех случаях, когда к чистоте воздуха предъявляют особо повышенные требования.

Жалюзийные золоуловители (рис. 78) системы ВТИ имеют две камеры: входную 1 и выходную 2, разделенные жалюзийными перегородками. Выделение золы происходит при повороте газового потока из входной камеры в жалюзийную решетку; при этом зола поступает через щель 3 в циклон 4, где она отделяется от той части дымовых газов, которая вместе с ней попадает в циклон 4. К. п. д. такого золоуловителя, по опытным данным, определяется в 70—75%. Для эффективной работы золоуловителя очень важное значение имеет правильный выбор соотношения его размеров; эти соотношения определены в работах ВТИ

Сопротивление жалюзийного золоуловителя обычно составляет 40—50 мм вод. ст.

Золоуловители, изготовленные из чугунных лопастей, надежно работают при температуре газов $T \sim 93^\circ\text{C}$, достигающей 450°C . При более высоких температурах дымовых газов к. п. д. золоуловителя может снизиться вследствие коробления лопастей.

Жалюзийные золоуловители в сочетании с циклонами применяются в случае необходимости более совершенной очистки дымовых газов.

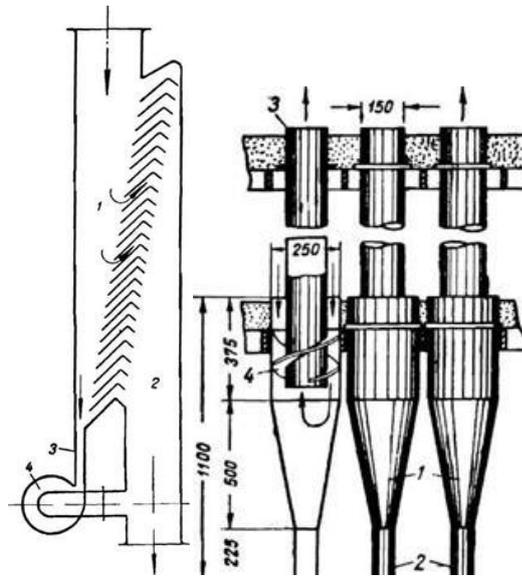


Рис. 78. Жалюзийные золоуловители Рис. 77. Батарейные циклоны

Контрольные вопросы:

1. Для чего применяются золоуловители?
2. Чему равно гидравлическое сопротивление циклонов?

Список литературы

11. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
12. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
13. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
14. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;
15. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования. – СПб.: Энергоатомиздат, 1991.

Практическое занятие № 45

Тема: Золоудаление в котельных установках гидравлическое
Цель работы: Изучить способы гидравлического золоудаления.

Порядок выполнения работы:

1. Описать способы гидравлического золоудаления.
2. Зарисовать рис. 81-82 и дать их описание.

Общие сведения.

В гидравлических системах шлакозолоудаления в качестве транспортирующего агента используется вода.

Гидравлическая система широко распространена в мощных энергоустановках (рис. 81), в которых применена механизированная подача шлака и золы в каналы гидрошлакоудаления. Железобетонный канал 5 прокладывается с уклоном по длине и оснащен побудительными соплами 7, обеспечивающими смыв и транспорт шлаков. Нижняя истирающая часть канала защищена от эрозии литыми плитами 6 из твердого минерала. Пульпа (смесь воды, шлака и золы) по каналу подается в багерную насосную, расположенную ниже нулевой отметки котельной. Пульпа проходит шлакодробилку 8, железолоуловитель 9 и багерный насос 10, который подает пульпу в закрытый шлакозолопровод 11 или в деревянный открытый лоток, которые направляют пульпу на золоотвалы или в золоотстойники 12. Под золоотвалы используются ближайшие овраги, срок накопления в них шлаков и золы должен быть не менее 25 лет.

Непрерывно действующее механизированное шлакоудаление как при твердом, так и жидком шлаке выполняется в виде простых по устройству и надежных в работе шнеков (рис. 82).

Для предотвращения загрязнения земельных угодий золошлакоотвалами и их уменьшения необходимо увеличивать масштабы промышленного использования золы и шлака. Использование золы зависит от применяемых систем золоулавливания и золоудаления. Зола, уловленная мокрыми золоуловителями или подаваемая на золоотвалы гидравлической системой, увлажняется и поэтому теряет ряд своих ценных свойств.

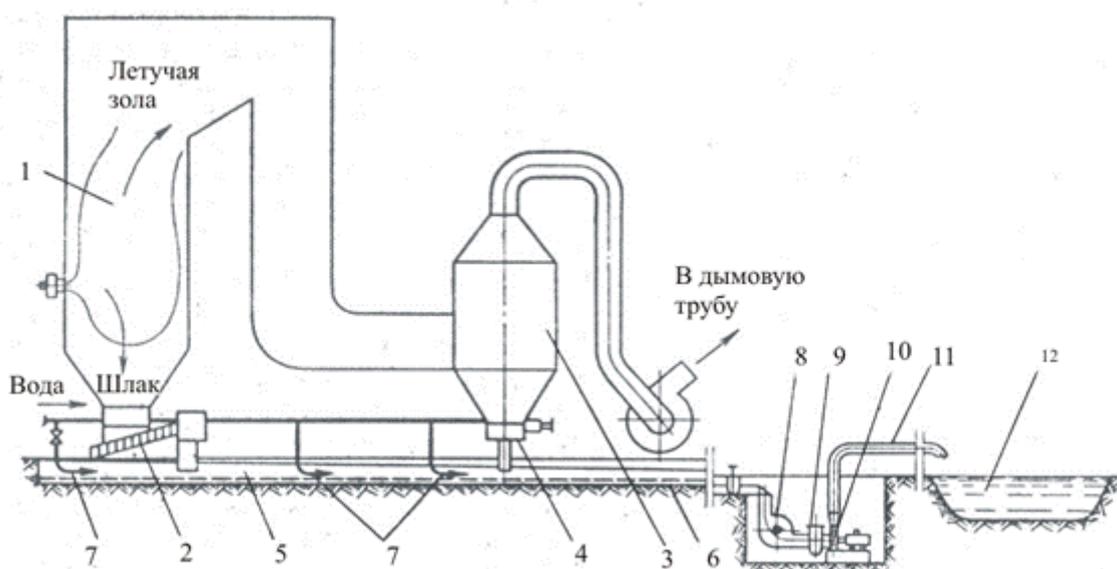


Рис. 81. Схема гидромеханической оборотной системы шлакозолоудаления:

1 – топка; 2 – шнек с шлакодробилкой; 3 – золоуловитель;

4 – золосмывной аппарат; 5 – шлаковый канал; 6 – эрозионная защита канала; 7 – побудительные сопла; 8 - шлакодробилка; 9 – железозуловитель; 10 – багерный насос; 11 – шлакозолопровод; 12 – золоотстойник

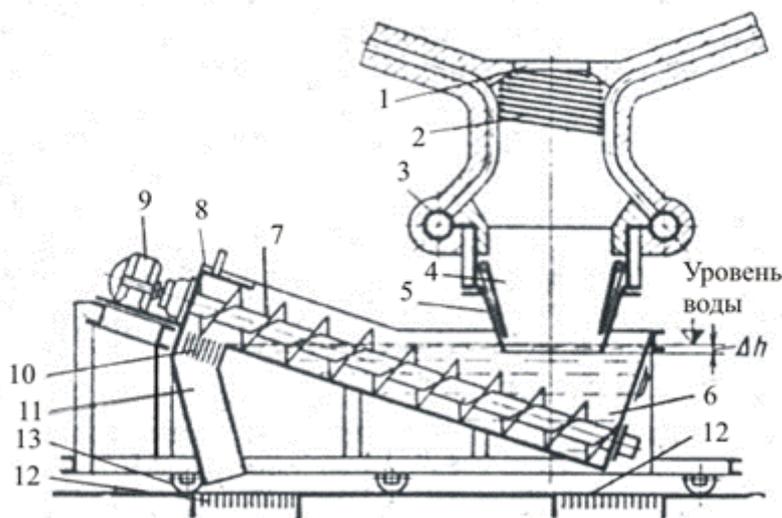


Рис. 82. Шнековое шлакоудаление непрерывного действия:

1 – летка; 2 – охлаждаемый водой змеевик летки; 3 – нижний коллектор экрана; 4 – шлаковый бункер; 5 – шибер; 6 – ванна с водой; 7 – шнек; 8 – дробильная камера; 9 – электродвигатель с редуктором; 10 – решетка; 11 – отводящая течка; 12 – течка канала гидрозолоудаления; 13 – ролики для откачки шлака

Сухая зола имеет обширную область применения в промышленности. Так, например, при содержании в золе оксида кальция (в сланцах, бурых углях Канско-Ачинского бассейна и др.) золу можно успешно использовать для щелочения кислых глинистых почв и в качестве удобрения, поскольку в золе содержатся калий и микроэлементы. Такая зола находит применение в производстве цемента. Наконец, зола используется в строительных растворах асфальтобетонных покрытий шоссейных дорог.

Контрольные вопросы:

1. Что служит транспортирующего агента в гидравлических системах шлакозолоудаления?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;

4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;
5. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования. – СПб.: Энергоатомиздат, 1991.

Практическое занятие № 46

Тема: Золоудаление в котельных установках пневматическое.

Цель работы: Изучить способы пневматического золоудаления.

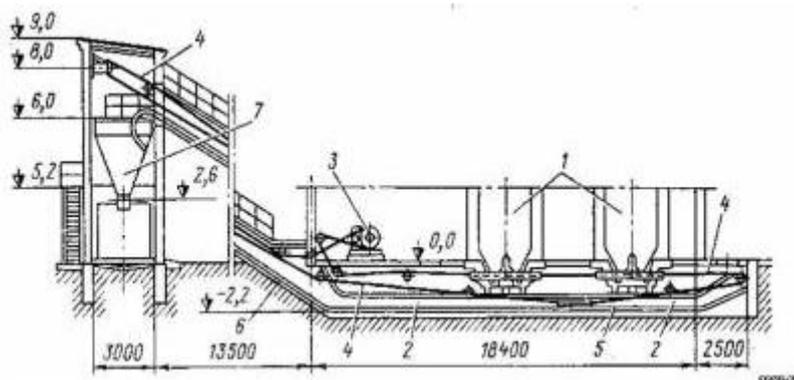
Порядок выполнения работы:

3. Описать способы пневматического золоудаления.
4. Зарисовать рис. 28.1-28.2 и дать их описание.

МЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ШЛАКОЗОЛОУДАЛЕНИЯ

При механической системе шлакоудаления выгрузка шлака из бункеров осуществляется скребковыми транспортерами или шнеками, а золы — клапанами-мигалками или вращающимися лопастными затворами. Шлак и зола сбрасываются в приемный канал, расположенный в золовом помещении, и далее с помощью скрепера, горизонтально-вертикального подъемника или другими механизмами подаются в сборный бункер, находящийся за пределами козлов. На рис. 28.1 показана система механического шлакозолоудаления со скрепером. Механические системы шлакозолоудаления не требуют больших затрат электроэнергии и воды, которые составляют 2—3 кВт-ч/т и 0,2—0,5 м³/т, однако не обеспечивают удаления больших масс шлака и золы и не решают вопроса внешнего их транспорта. Вследствие этого механические системы шлакозолоудаления применяются только для котельных установок малой мощности.

Рис. 28.1. Схема шлакозолоудаления со скрепером: 1 - бункер шлака котла; 2 — скреперный канал; 3 — лебедка; 4 — натяжной трос; 5 — ковш; 6 — эстакада; 7 — сборный бункер для шлака и золы. Транспорт шлака и золы на золоотвал или на завод для переработки осуществляется автомашинами или железнодорожными вагонами.



ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ШЛАКОЗОЛОУДАЛЕНИЯ

Пневматический транспорт шлака и золы основан на способности потока газов при достаточной скорости перемещать сыпучие материалы. Пневмошлакозолоудаление может быть осуществлено по нагнетательной и всасывающей схемам. В первом случае система находится под давлением, во втором — под разрежением. Применяют обычно системы, осуществляемые по всасывающей схеме, при которых в качестве транспортирующего агента используется воздух и вся система находится под разрежением, создаваемым паровыми эжекторами или вакуум-насосами. На рис. 28.2 показана схема пневматической системы шлакозолоудаления, работающей под разрежением, создаваемым паровыми эжекторами.

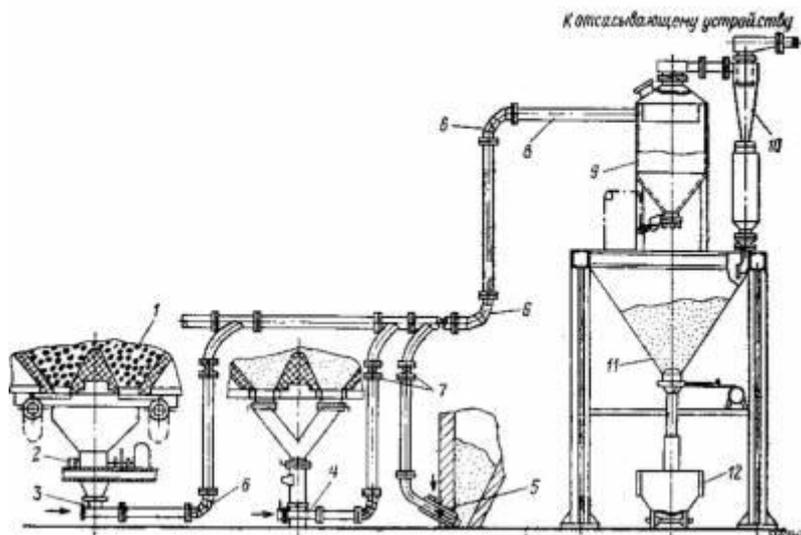


Рис. 28.2. Схема пневматического шлакозолоудаления: 1 — шлаковый бункер; 2 — шлако-дробилка; 3 — насадка для приема шлака; 4 — насадка для приема золы; 5 — телескопическая насадка; 6 — сварное колено; 7 — запорный кран; 8 — шлакозолопровод; 9 — осадительная камера; 10 — циклон; 11 — бункер; 12 — вагон

Шлак после измельчения до размеров меньше 35 мм в валковых дробилках, установленных под каждым шлаковым бункером, и зола из золовых бункеров поступают во всасывающие насадки, подхватываются воздухом, поступающим через насадки в систему, и транспортируются по трубопроводам в циклон, где происходит отделение золы и шлака от воздуха. Из циклона зола и шлак поступают в сборный бункер и далее в железнодорожные вагоны или автомашины, которыми вывозятся на золоотвал или для переработки. Воздух из циклона отсасывается через пылеуловитель паровыми эжекторами и вместе с паром сбрасывается в дымовую трубу. Концентрация золы и шлака, взвешенных в воздухе, не должна превышать 4—7 кг/кг. Диаметр золопроводов обычно выбирают 90—120 мм. Скорость потока при транспорте шлакозоловой смеси должна быть более 25 м/с. При транспорте одной золы скорость принимают не менее 12 м/с. При этом разрежение, создаваемое эжекторами или вакуум-насосами, должно быть 30—40 кПа. Расход пара эжекторами составляет 0,8—1 кг/кг транспортируемой массы шлака и золы. Расход энергии на дробление шлака 0,8 кВт·ч/т. Транспорт шлака и золы может производиться на расстояние до 200 м при подъеме их до 30 м. Достоинствами систем пневмошлакозолоудаления являются простота устройства и обслуживания, возможность непосредственного использования получаемых в сухом виде шлака и золы для различных целей, а также отсутствие загрязненных сточных вод. Недостатками системы являются быстрый износ шлакозолопроводов, а также ограниченный радиус действия, что определяет необходимость дополнительного применения внешнего колесного транспорта. Пневмошлакозолоудаление применяют для котельных установок малой производительности при нецелесообразности устройства гидрозолоудаления, а также в случае необходимости получения сухого шлака и золы по условиям их дальнейшего использования. В котельных установках большой производительности пневматический транспорт золы применяют в сочетании с гидрозолоудалением.

Контрольные вопросы:

1. Что служит транспортирующим агентом в пневматических системах шлакозолоудаления?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;
5. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования. – СПб.: Энергоатомиздат, 1991.

Практическое занятие № 47

Тема: Подготовительные работы до выезда на объект и проверка смонтированного оборудования

Цель работы: Изучить подготовительные работы до выезда на объект и произвести проверку смонтированного оборудования

Порядок выполнения работы:

1. Описать подготовительные работы до выезда на объект.
2. Описать проверка смонтированного оборудования

Общие сведения.

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ДО ВЫЕЗДА НА ОБЪЕКТ

До выезда на объект руководитель бригады проверяет договор и утвержденную смету; уточняет сроки выполнения наладочных работ, обусловленные договором; знакомит членов бригады с проектной документацией на оборудование, подлежащее наладке; подбирает формы отчетной технической документации в соответствии с объемами и характером предстоящих работ; получает в технической библиотеке необходимую литературу и инструктивные материалы; подбирает и получает на окладе контрольно-измерительные приборы и аппаратуру для наладочных работ, а также снаряжение в соответствии с правилами техники безопасности.

Изучая проектную документацию, необходимо ознакомиться с проектными значениями давления и температуры сетевой воды (пара в барабане котла), разрежения в топке и по газоходам, давления воздуха и топлива на горелках, температуры отходящих газов по газоходам и на выходе из котла; с технологическими параметрами химически очищенной воды после установки ХВО и деаэратора; с температурным графиком и условиями работы тепловой сети и системы тепло потребления у заказчика; с параметрами (давление, температура) работы насосной в подогревательных установок жидкого топлива.

ПРОВЕРКА СМОНТИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

По прибытии на объект руководитель бригады должен получить разрешение от заказчика на производство пусконаладочных работ и проверить выполнение общих мер по технике безопасности. Он проводит также общий инструктаж наладчиков с оформлением в Журнале проведения инструктажа на объекте производства работ и инструктаж на рабочем месте с оформлением в Журнале инструктажа на рабочем месте. В дальнейшем эти мероприятия проводит перед каждым этапом работ.

Проверку монтажа оборудования начинают с котло-агрегата. Проверяют: соответствие котлоагрегата утвержденному проекту, требованиям завода-изготовителя, правилам Госгортехнадзора СССР; размещение котла и вспомогательного оборудования; правильность выполнения монтажных работ по котлу и отдельным узлам и коммуникациям.

Обращают особое внимание на правильность установки и крепления опор коллекторов, наличие зазоров в узлах крепления труб экранов к каркасу и возможность беспрепятственного теплового расширения и удлинения элементов котла, на уплотнение мест прохода труб через обмуровку. В устройстве для измерения давлений и температуры

воды проверяют соответствие характеристик и расположения приборов проекту, правильность монтажа и отсутствие внешних повреждений, доступность для обслуживания.

В запорной и регулировочной арматуре питательных и дренажных линий определяют: соответствие расположения и характеристик (условный проход, условное давление, материал) арматуры проекту; правильность монтажа; надежность ^установки арматуры в положения «Открыто», "Закрыто" и промежуточные; доступность и легкость управления; отсутствие внешних повреждений; правильность подключения к исполнительным механизмам и надежность дистанционного управления.

В обмуровке контролируют качество выполнения температурных швов, уплотнения мест прохода через стенку труб экранов, кладки, уплотнения лазов и лючков, соответствие сертификатов на огнеупорный кирпич заводской инструкции; определяют программу и график сушки на основании инструкции завода-изготовителя; проводят тщательный осмотр обмуровки после сушки.

На поверхностях труб нагрева проверяют, нет ли внешних повреждений и дефектов сварных соединений, излома или неперпендикулярности осей соединяемых труб, смещения кромок сварных труб, трещин, наплывов» подрезов и пр.

На паровых котлах осматривают внутри барабаны, обращая внимание на качество монтажа внутрисепарационных устройств, питательных труб и т. д., а также топку и газоходы агрегата.

Проверяя горелки, устанавливают их соответствие проекту и паспорту, правильность расположения относительно базовых узлов котла (экранов, каркаса) и стен здания; качество выполнения амбразур и монтажа; легкость хода открытия и закрытия воздушных заслонок; чистоту отверстий сопел.

Определяют соответствие проекту мест отборов импульсов для контрольно-измерительных приборов и автоматики безопасности, подключение топливопроводов к горелкам, исправность и плавность хода запорной и регулирующей арматуры горелок.

При контроле монтажа насосов проверяют: соответствие характеристик и установки сетевых, подпиточных и рециркуляционных насосов проекту; соответствие монтажа заводской инструкции; направление вращения и балансировку рабочего колеса; наличие смазки в подшипниках; подвод и отвод охлаждающей воды; заземление и надежность охлаждения электродвигателей, включение и отключение насосов со щитов управления; наличие актов индивидуальных испытаний насосов вхолостую и под нагрузкой, проведенных монтажной организацией.

Вспомогательные коммуникации котельной проверяют на соответствие проекту трубопроводов системы водоснабжения котельной, трубопроводов сетевой и подпяточной воды, дренажных линий, внутренней и наружной канализации; расположение регулирующих и запорных устройств; доступность и легкость управления арматурой. Проверяют внешним осмотром все электродвигатели котельной, заземление их электроуправляющей аппаратуры. Контролируют рабочее и аварийное освещение котельной. Проверяют наличие смонтированных КИП и автоматики, сигнализации и связи; соответствие их техническим схемам котельной и технологическим параметрам. Определяют наличие теплопотребителей, связанных с котельной, соответствие параметров выдаваемой теплоты рабочим

параметрам теплопотребителя, а также исправность устройств по технике безопасности и противопожарных устройств, предусмотренных проектом.

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходима проверка оборудования?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Яшура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Яшура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;
5. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования. – СПб.: Энергоатомиздат, 1991.

Практическое занятие № 48

Тема: Составление проверки смонтированного оборудования тягодутьевой установки

Порядок выполнения работы:

1. Описать наладку тягодутьевых машин.
2. Описать проверку смонтированного оборудования.

Общие сведения.

НАЛАДКА ТЯГОДУТЬЕВЫХ УСТАНОВОК

Наладку тягодутьевой установки котельной ведет, как правило, бригада из трех человек, используя следующие приборы, приспособления и инструмент: микроманометр ММН-240; U-образный манометр (0...3000 Па); трубки Прандтля; технический термометр ТТ-1 (0...50°C); тахометр; механический секундомер; механическую рулетку, складной метр; набор гаечных ключей; ручную дрель; переносную лампу (12 В); карманный фонарь.

Работу проводят в три этапа: проверяют смонтированное оборудование; проверяют работоспособность тягодутьевой установки при пуске оборудования на холостом ходу; испытывают тягодутьевую установку при минимальной, максимальной и двух промежуточных нагрузках.

ПРОВЕРКА СМОНТИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

По прибытии на объект руководитель бригады должен получить разрешение от заказчика на проведение наладочных работ после оформления акта готовности оборудования к наладке, проверить выполнение общих правил техники безопасности, осуществляемых руководителем механомонтажных работ.

Руководитель наладочных работ проводит общий инструктаж по технике безопасности на объекте с оформлением в журнале проведения инструктажа на объекте производства работ и инструктаж на рабочем месте с оформлением в журнале инструктажа на рабочем месте» а также дает распоряжение на начало работ с оформлением в Оперативном журнале производства наладочных работ. В дальнейшем эти мероприятия проводит перед каждым этапом работ.

Вначале подготавливают исправные контрольно-измерительные приборы, аппаратуру, приспособления, инструмент, проектно-техническую документацию и бланки отчетно-технической документации, проверяют исправность лестниц, предохранительных поясов и дополнительных средств страховки при выполнении работ на высоте. После оценки проектных решений в целом по котло-агрегату обследуют и тщательно осматривают оборудование газового и воздушного трактов, проверяют соответствие проектным данным фактических размеров (основных и привязочных) и высотных отметок фундаментов, рам, анкерных болтов. Контролируют исправность всех деталей тягодутьевой установки, опробуют и проверяют приводные механизмы дистанционного управления заслонок и направляющих аппаратов, особое внимание обращают на соосность входной воронки и рабочего колеса и величину зазора между ними. При осмотре регулирующих и запорных устройств устанавливают надежность их установки в положениях «Открыто», «Закрыто» и промежуточных. Проверяют смазочную систему и систему охлаждения.

Далее обследуют газоздушный тракт, осматривают и проверяют соответствие проекту выполненных строительно-монтажных работ. При помощи факела или дымовых шашек контролируют плотность газоздушного тракта, убеждаются в отсутствии посторонних предметов в нем.

В случае проектных недоработок, недостатка оборудования, неоконченных или неправильно выполненных строительно-монтажных работ составляют ведомость дефектов и недоделок, а также полную схему установки» подлежащей испытанию, с указанием фактического расположения мест регулирования, измерений и наименований измеряемых параметров. Убеждаются в устранении дефектов, перечисленных в ведомости дефектов и недоделок, и выполнении выданных рекомендаций.

Во избежание ошибок при измерении статических давлений и разрежений отверстия в стенках сверлят диаметром не более 3...4 мм, оси отверстий должны быть перпендикулярны стенке, а края отверстий с внутренней стороны по возможности тщательно зачищены. Над отверстием к стенке приваривают штуцера с внутренним диаметром 6...8 мм.

Для измерения площадей сечения проводят следующие работы. Подготавливают места измерений и обеспечивают доступ к ним, согласуют со строительно-монтажными, электроналадочными организациями и эксплуатационными службами безопасную наладочную рабочую зону (выставляют наблюдающих, оформляют соответствующие акты и т. д.). Площади сечений измеряют на участках, соответствующих расчетной схеме измерений при испытании установки с учетом (в необходимых случаях) фактической толщины стенок и теплоизоляции. Разбивают площади сечений в местах измерения динамических напоров на ряд равновеликих прямоугольников с размерами сторон 150...200 мм. На рейку наносят отметки расстояний между точками измерений. Измерения проводят с возможно высокой точностью во избежание ошибок при дальнейших расчетах.

Контрольные вопросы:

1. Сколько человек производят наладку тягодутьевой установки котельной?
2. Что должен получить по прибытии на объект руководитель бригады?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;
5. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования. – СПб.: Энергоатомиздат, 1991.

Практическое занятие № 49

Тема: Составление проверки работоспособности тягодутьевой установки при пуске оборудования на холостом ходу.

Цель работы: Изучить проверку работоспособности тягодутьевой установки при пуске оборудования на холостом ходу.

Порядок выполнения работы:

1. Описать проверку работоспособности тягодутьевой установки при пуске оборудования на холостом ходу

ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТЯГОДУТЬЕВОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ПУСКЕ ОБОРУДОВАНИЯ НА ХОЛОСТОМ ХОДУ

При измерении частоты вращения рабочего колеса машины проверяют наличие и исправность ограждений вращающихся частей, надежность соединения полумуфт. У аварийной кнопки отключения установки ставят наблюдающего, который по сигналу руководителя работ должен отключать установку. Проверяют уровень масла в подшипниках, подают воду в систему охлаждения. Убеждаются в свободном вращении ротора машины, для чего проворачивают вал от руки. Полностью закрывают направляющий аппарат.

Проводят пуск установки, убеждаются в отсутствии заеданий и вибраций.

Далее устанавливают предел измерения частоты вращения на тахометре. Визуально определяют место прикосновения сменного наконечника тахометра к оси вращения ротора установки. При измерении достигают равенства частот вращения наконечника тахометра и оси вращения ротора (отсчет проводят спустя 5... 10 с после успокоения стрелки тахометра). Измерения проводят каждые 3 мин на всех четырех нагрузках. Частота вращения должна соответствовать паспортным данным электродвигателя и установки. Если торец вращающегося вала не доступен для подсоединения тахометра, то на приводную ось последнего надевают наконечник с небольшим шкивом, обтянутым резиновым ободом, который при измерении прижимают к поверхности вала.

Контрольные вопросы:

1. Сколько человек производят проверку работоспособности тягодутьевой установки при пуске оборудования на холостом ходу?
2. Что необходимо заполнить до выполнения работ?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;

Практическое занятие № 50

Тема: Испытание тягодутьевой установки

Цель работы: Изучить принцип испытаний тягодутьевой установки

Порядок выполнения работы:

1. Описать принцип испытания тягодутьевой установки.
2. Зарисовать рис.8 и описать его конструкцию.
3. Составить карту «Результаты испытаний тягодутьевой установки».

Общие сведения.

ИСПЫТАНИЕ ТЯГОДУТЬЕВОЙ УСТАНОВКИ

Тягодутьевую установку испытывают при минимальной, максимальной и двух промежуточных нагрузках.

Для измерения динамического давления устанавливают трубку Прандтля при помощи сальникового устройства в выбранном сечении и укрепляют ее к контрольной (рабочей) точке. Глубину погружения наконечника трубки определяют размеченной рейкой.

Винтами устанавливают микроманометр в рабочее положение, а его наклонную трубку — в положение, соответствующее динамическим давлениям (с учетом возможных пульсаций давления). Полностью закрывают направляющий аппарат. Запускают установку.

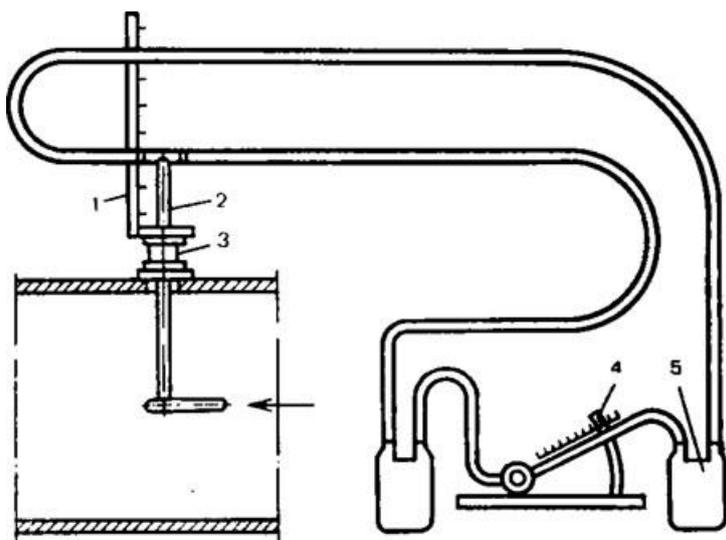


Рис. 8. Схема измерения динамического давления:

1 — рейка; 2 — напорная трубка; 3 — сальник; 4 — микроманометр; 5 — демпфер

Далее открывают направляющий аппарат, а также регулирующий дроссель в тракте, чтобы получить максимальную подачу установки по условиям нагрузки электродвигателя. Снимают показания микроманометра (рис. 8) и заносят данные в журнал наблюдений. Динамические давления измеряют в каждой точке не менее двух раз (при прямом и обратном перемещениях трубки Прандтля). С учетом коэффициентов тарировки и угла наклона трубки микроманометра обрабатывают данные. При испытании вентиляторов на остальных трех режимах подачу определяют по разрежению в данном сечении. Допустимый коэффициент неравномерности распределения скорости потока находят в пределах 0,9... 1,1. Допустимое отклонение (непараллельность) оси наконечника трубки Прандтля от оси потока должно быть 0...17. Резиновые соединительные трубки должны иметь внутренний диаметр не менее 4 мм, резкие перегибы и пережимы должны отсутствовать.

Правильно выбранный диапазон нагрузок при испытании обеспечивает построение

графических характеристик машины, их сравнение с заводскими (паспортными) данными и сопоставление с характеристикой тракта для определения соответствия машины котлоагрегату.

Характеристику тракта строят по данным измерений сопротивлений тракта, которые проводят при испытании котлоагрегата на четырех нагрузках. Полное сопротивление тракта определяют как разность полных давлений перед направляющим аппаратом машины и за машиной, а соответствующий расход среды в тракте—расчетным путем. Для сопоставимости характеристик машины и тракта их строят для одинаковых (расчетных) температур.

Далее измеряют статическое разрежение на входе машины и статическое давление на нагнетании. Устанавливают U-образные манометры на всасывании и нагнетании машины и в сечении, измеряя динамический напор, и заполняют их подкрашенной жидкостью. Проверяют отсутствие перегибов и зажимов соединительных резиновых трубок, а также герметичность их присоединения к штуцерам и манометрам. При установившейся подаче машины снимают показания манометров и записывают их в журнал наблюдений. Измерения проводят каждые 3 мин на всех четырех нагрузках. Манометры не должны подвергаться вибрации и тряске.

При вынужденном удалении точек измерения статического давления от машины необходимо учитывать, что создаваемое ею давление будет уменьшено на величину сопротивления элементов тракта на участке от машины до места измерения.

Затем измеряют температуру среды (воздуха) в тракте, установив термометры в гильзы. Не ранее чем через 5 мин после установки термометров снимают их показания. В дальнейшем показания снимают каждые 3 мин в продолжение всего испытания тягодутьевой установки. Для измерения температуры среды применяют термометры с ценой деления 0,5 или ГС. Термометры не должны подвергаться тряске и вибрации, а также нагреву лучеиспусканием со стороны горячих поверхностей. Не следует дотрагиваться до баллона термометра руками, дышать на него, освещать спичками.

По результатам наладки заказчику выдается карта «Результаты испытаний тягодутьевой установки», где отражаются следующие значения величин» найденных в результате опыта или полученных опытным путем:

площадь сечения в месте производства замеров, м²;
температура воздуха, °С;
плотность среды (в условиях опыта), кг/м³;
динамический напор в месте замера, Па;
скорость среды, м/с;
подача, м³/ч; частота вращения ротора, об/мин;
статическое разрежение на всосе, Па;
статический напор на нагнетании, Па;
скорость воздуха на всосе, м/с;
скорость воздуха на нагнетании, м/с;
динамический напор на всосе, Па;
динамический напор на нагнетании, Па;
полный напор на всосе, Па;
полный напор на нагнетании, Па;
полный напор, создаваемый машиной, Па;
мощность электродвигателя, кВт;
коэффициент полезного действия электродвигателя;
коэффициент полезного действия установки;
коэффициент полезного действия машины.

Контрольные вопросы:

1. При каких нагрузках испытывают тягодутьевую установку?

2. Из чего состоит карта «Результаты испытаний тягодутьевой установки»?
3. Через какое время проводят измерения на всех четырех нагрузках?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;
5. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования. – СПб.: Энергоатомиздат, 1991.

Практическое занятие № 51

Тема: Составление проверки смонтированного оборудования мазутного хозяйства котельной

Цель работы: Изучить мазутного хозяйства котельной

Порядок выполнения работы:

1. Опишите свойства мазутов.
2. Опишите наладку мазутного хозяйства котельной

Общие сведения.

СВОЙСТВА МАЗУТОВ

Топочные мазуты представляют собой одну из разновидностей жидкого топлива. Их, как и другие виды жидкого топлива, получают на нефтеперерабатывающих заводах, либо в процессе прямой перегонки нефти, либо при высокотемпературной переработке ее промежуточных фракций (крекинг-процесс).

В качестве жидкого котельного топлива для стационарных котельных установок применяют остаточный продукт нефтепереработки — мазут четырех марок: топочный с государственным Знаком качества 40В, топочный 40, топочный с государственным Знаком качества 100В и топочный 100 (табл. 11).

Марка топлива определяется вязкостью. Условной вязкостью называют отношение времени непрерывного истечения 200 мл продукта при определенной температуре ко времени истечения дистиллированной воды при 20°C. Это отношение выражается в градусах условной вязкости (°ВУ).

В ряде случаев в качестве котельного топлива используют низкокачественную или обессоленную и отбензинен-ную нефть. Это жидкое топливо резко отличается от мазута по содержанию легких фракций, в связи с чем она требует специально оборудованного мазутного хозяйства.

Вязкость мазута (в градусах условной вязкости °ВУ)—важный эксплуатационный фактор, определяющий способ его транспортирования, слива, перекачки и распыливания при сжигании: чем выше вязкость топлива, тем оно менее подвижно и, следовательно, тем труднее его перекачивать и распиливать. С повышением температуры вязкость мазута уменьшается.

Температурой застывания мазута называют температуру, при которой мазут в условиях опыта загустевает настолько, что при наклоне пробирки под углом 45° к горизонту остается неподвижным в течение 1 мин. Содержание парафина в мазуте вызывает значительное повышение температуры его застывания. Поэтому при его использовании требуется более высокая степень разогрева.

Температуры вспышки и воспламенения характеризуют пожарную безопасность мазута при его подогреве. Температура воспламенения обычно превышает температуру вспышки на 10...40°C. При разогреве мазута в открытых (без давления) емкостях в целях пожарной безопасности температура подогрева должна быть не менее чем на 10ЭС ниже температуры вспышки. В закрытых емкостях (змеевиках, трубах, подогревателях и т. п.), находящихся под давлением, топливо можно подогревать до температуры, превышающей температуру его вспышки.

Для улучшения эксплуатационных свойств мазут обрабатывают жидкими присадками. Такая обработка ведет к улучшению процесса горения, облегчает устранение золовых отложений, снижает интенсивность коррозии поверхностей нагрева и газоходов котлов, способствует устранению отложений в мазутных емкостях, очищает мазутопровода и поверхности нагрева теплообменников, снижает коксование форсунок. В результате применения присадок структура золовых отложений по газовому тракту становится рыхлой, что облегчает удаление их с поверхностей нагрева.

Массовая доля жидких присадок в мазуте равна примерно 0,2%. Для эффективного перемешивания и контактирования резервуары, принимающие мазут, должны быть включены на внутреннюю циркуляцию в течение всего периода слива плюс 2...3 ч после его окончания. Продолжительность обработки цистерн на сливной эстакаде в холодное время года (с 15 октября по 15 апреля) составляет 8 ч для мазута марки 40 и 10 ч для мазута марки 100. В теплый период года продолжительность обработки снижают для мазутов обеих марок до 4 ч. При этом длительность самотечного слива цистерн вместимостью 50 м³ не должна превышать 2 ч, а цистерн со сливным прибором — 3 ч. Остальное время затрачивают на разогрев мазута и вспомогательные операции.

Средняя температура мазута в цистернах зависит от места расположения хозяйства и составляет в зимний период: для южного пояса СССР — от 0 до —2°С, северного — от —7 до —10°С и Сибири — от —10 до —15°С. Температура, до которой следует подогревать мазут, приведена в таблице 12.

Для небольших отопительных котельных с водогрейными котлами допускается применение установок для разогрева мазута высокотемпературной водой. Разогретый мазут от базовых складов до склада мазута на территории котельной доставляют автомобильным транспортом. В случае доставки мазута железнодорожными цистернами его разогревают электроиндукционным способом или открытым паром.

НАЛАДКА МАЗУТНОГО ХОЗЯЙСТВА КОТЕЛЬНОЙ

Наладку мазутного хозяйства котельных ведет бригада из двух-трех человек при помощи штатных контрольно-измерительных приборов. Кроме того, в распоряжении бригады должны быть аккумуляторный фонарь, механическая рулетка, складной механический метр и плакаты «Не включать — работают люди». Работы проводят в четыре этапа: проверка законченного монтажа оборудования; пусковые работы; наладка при пробной эксплуатации; режимная наладка.

Контрольные вопросы:

1. Сколько человек производят наладку мазутного хозяйства котельной?
2. Что необходимо выполнить до выполнения работ?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4

3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;
5. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования. – СПб.: Энергоатомиздат, 1991.

Практическое занятие № 52

Тема: Составление проверки смонтированного оборудования питательного отделения котельной.

Цель работы: Изучить принцип проверки смонтированного оборудования питательного отделения котельной.

Порядок выполнения работы:

1. Опишите наладку оборудования питательного отделения котельной.
2. Опишите цель проверки смонтированного оборудования котельной.

Общие сведения.

НАЛАДКА ОБОРУДОВАНИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ КОТЕЛЬНОЙ

Наладку оборудования питательного отделения котельной ведет, как правило, бригада из трех человек при помощи штатных контрольно-измерительных приборов котельной. При проведении работ наладчики должны также иметь механическую рулетку, металлический складной метр.

Наладку ведут в четыре этапа: проверка смонтированного оборудования, пусковые работы, наладка при пробной эксплуатации, режимная наладка.

ПРОВЕРКА СМОНТИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНОЙ

По прибытии на объект руководитель бригады получает разрешение от заказчика на проведение наладочных работ, проверяет выполнение общих требований техники безопасности, проводит общий инструктаж с оформлением в Журнале инструктажей на объекте производства работ и инструктаж на рабочем месте с оформлением в Журнале инструктажей на рабочем месте, подготавливает исправный инструмент, приспособления. В дальнейшем эти мероприятия проводит перед каждым этапом работ.

Сначала тщательно осматривают оборудование питательного отделения и системы питательных трубопроводов, проверяют соответствие рабочим чертежам фактических размеров (основных и привязочных) и высотных отметок фундаментов, рам, анкерных болтов, выполнение подливки фундаментов. Осматривают питательные насосы, убеждаются в надежности их крепления на фундаментах, в наличии и исправности всех деталей. Проверяют правильность выполнения систем охлаждения, линий разгрузки и дренажей от сальников центробежных насосов, укомплектованность паровых насосов продувочными краниками, масленками, предохранительными клапанами (на линии нагнетания), правильность выполнения дренажей паровых линий, соответствие проекту диаметра паропровода к насосу. Устанавливают соответствие проекту выполнения монтажа питательных трубопроводов, особое внимание обращают на соответствие проектным данным диаметров фактически проложенных трубопроводов, правильность выполнения опор трубопроводов, обеспечение возможности их теплового расширения. Проверяют исправность арматуры, соответствие ее давлению и условному проходу трубопровода, на котором она установлена, убеждаются в правильности ее установки по отношению к направлению движения среды. Определяют укомплектованность насоса и питательных трубопроводов контрольно-измерительными приборами.

После окончания монтажа и до начала теплоизоляционных работ монтажной организацией трубопроводы испытывают на прочность, плотность и обкатывают (вхолостую и под нагрузкой) насосы.

По результатам проверки монтажа оборудования питательного отделения составляют ведомость дефектов и недоделок.

Контрольные вопросы:

1. Сколько человек производят наладку оборудования питательного отделения котельной?
2. Что необходимо выполнить до выполнения работ?
3. Какой документ получает по прибытии на объект руководитель бригады?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;
5. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования. – СПб.: Энергоатомиздат, 2011.

Практическое занятие № 53

Тема: Составление проверки смонтированного оборудования деаэрации воды.

Цель работы: Изучить принцип проверки смонтированного оборудования деаэрации воды.

Порядок выполнения работы:

1. Опишите наладку деаэраторов.
2. Опишите проверку смонтированного оборудования деаэрации воды.

Общие сведения.

НАЛАДКА ДЕАЭРАТОРОВ

Наладку деаэрационной установки ведет, как правило, бригада численностью три человека при помощи штатных контрольно-измерительных приборов, аппаратуры и инструментов котельной. Работу проводят в три этапа: проверка смонтированного оборудования; комплексное опробование; режимная наладка.

ПРОВЕРКА СМОНТИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

По прибытии на объект руководитель бригады получает разрешение заказчика на производство пусконаладочных работ и проверяет выполнение общих требований техники безопасности. Он проводит также общий инструктаж наладчиков с оформлением в Журнале проведения инструктажа на объекте производства работ и инструктаж на рабочем месте с оформлением в Журнале инструктажа на рабочем месте. В дальнейшем эти мероприятия проводит перед каждым этапом работ.

Проверяют монтажно-строительную документацию (акты на опрессовку, антикоррозионное покрытие, скрытые работы и т. д.), технологические схемы, установку КИП и А. Составляют перечень рекомендаций и замечаний, а также ведомость дефектов проекта. Согласовывают с заказчиком и проектной организацией выявленные отклонения от ГИТЭ и других руководящих документов.

Составляют ведомость дефектов монтажных и строительных работ и согласовывают сроки их устранения с монтажно-строительными организациями и заказчиками.

Контрольные вопросы:

1. Какие документы проверяют при проверке смонтированного оборудования?
2. Сколько человек производят наладку деаэрационной установки?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4

3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;
5. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования. – СПб.: Энергоатомиздат,2011.

Практическое занятие № 54

Тема: Комплексное опробование оборудования деаэрации воды.

Цель работы: Изучить работы при комплексном опробовании оборудования деаэрации воды.

Порядок выполнения работы:

1. Опишите процесс комплексного опробования деаэрационной установки.
2. Опишите комплексное опробование пробного пуска деаэрационной установки.
- 3.

КОМПЛЕКСНОЕ ОПРОБОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

В процессе комплексного опробования деаэрационной установки проводят:

- опробование и наладку работы деаэрационной головки;
- промывку, продувку и химическую очистку внутренних трубопроводов, бака;
- при необходимости проверку системы на плотность;
- сушку обмуровки;
- проверку и наладку в рабочих условиях вспомогательного оборудования (охладитель выпара, барботажное устройство), арматуры, контрольно-измерительных приборов, диспетчерского управления;
- пробный пуск оборудования деаэрационной установки по проектной схеме для проверки готовности оборудования и технологических линий пара, воды и конденсата, безопасности его эксплуатации, проверки и наладки систем управления, регулирования, блокировки, защиты, сигнализации;
- собственно комплексное опробование оборудования.

Конечным результатом комплексного опробования должно быть получение питательной воды требуемого качества.

Работы в период комплексного опробования осуществляют по программе и графику, разработанным заказчиком или по его поручению пусконаладочной организацией и согласованным с генеральным подрядчиком, монтажными организациями и шефперсоналом предприятий-изготовителей оборудования,

Для выполнения комплексного опробования заказчик обеспечивает:

- дежурство квалифицированного эксплуатационного персонала;
- топливо, электроэнергию, пар, воду и другие вспомогательные материалы с параметрами, соответствующими ГОСТу, техническим условиям и проекту, и в объемах, предусмотренных проектом.

При комплексном опробовании пробный пуск деаэрационной установки ведут в следующей последовательности:

- осматривают внутренние поверхности деаэрационной колонки и деаэрационного бака; подготавливают лабораторию к производству анализов питательной воды на жесткость и щелочность, на содержание углекислоты и кислорода;
- выдают инструкции по обслуживанию пускаемого оборудования, временную режимную карту и указания по объему предполагаемого химконтроля с указанием точек отбора;
- заполняют гидрозатворы химочищенной водой;
- проверяют исправность контрольно-измерительных приборов и работу автоматики на «холостом ходу»;
- открывают задвижку на выпар и заполняют химочищенной водой бак на 1/2 объема; нагревают воду до 30...40° С (подогревают по линии рециркуляции питательного насоса через водяной экономайзер);

- подготавливают и прогревают паропровод для подачи пара (затяжку на паропроводе в деаэрактор необходимо открывать осторожно во избежание гидравлических ударов);
- подогревают питательную воду до 102.. 104° С при минимальной подпитке установки;
- проверяют правильность срабатывания гидрозатвора путем поднятия давления в деаэракторе до контрольного (0,150 МПа) и после его срабатывания гидрозатвор вновь заполняют водой и поднимают давление до рабочего (0,120 МПа);
- включают автоматику по пару и воде при достижении номинальных параметров (0,12 МПа; t= 104е С).

Каждые четыре часа берут анализы питательной воды на жесткость и щелочность, на содержание кислорода и углекислоты (пробы питательной воды отбирают после холодильника с t=25°С). Включают охладитель выпара (количество выпара на 1 т деаэрированной воды должно быть не менее 2 кг) ,

Во время комплексного опробования постоянно наблюдают и записывают в журнал следующие параметры: давление греющего пара; давление в деаэракторе; температуру деаэрированной воды; температуру химочищенной воды на входе в деаэрактор; температуру конденсата перед деаэрактором; результаты химанализов.

После окончания комплексного опробования выдается заказчику временная режимная карта, которая затем корректируется в процессе режимной наладки.

Контрольные вопросы:

1. Через какой промежуток времени берут анализы питательной воды на жесткость и щелочность?
2. Что выдается заказчику после окончания комплексного опробования?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;
5. Эстеркин Р.И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования. – СПб.: Энергоатомиздат, 2011.

Практическое занятие № 55

Тема: Характеристика систем автоматизации и виды устройств

Цель работы: Изучить виды устройств систем автоматизации.

Порядок выполнения работы:

1. Опишите характеристику систем автоматизации котельных.
2. Дайте описание основных видов устройств систем котельных

Общие сведения.

ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ КОТЕЛЬНЫХ

В сельскохозяйственном производстве для отопления, горячего водоснабжения и технологических нужд используют в основном котлы малой и средней мощности.

Наиболее автоматизированы котельные, работающие на газе, так как при их эксплуатации предъявляются особые требования к выполнению правил безопасности. Применение автоматики в котельных позволяет сократить расходы топлива, улучшить условия труда и повысить безопасность.

Наладка большинства систем автоматизации хорошо описана в инструкциях заводоизготовителей и не представляет трудностей.

Сложнее настраивать регуляторы, когда реализуются интегральный, пропорциональный и пропорционально-интегральный законы регулирования.

Наладке этих регуляторов ниже уделено особое внимание. Приведенные же описания систем автоматизации помогут наладчику при предварительном определении объема работ, составлении сметы (это должно уточняться на месте) и подготовке приборов и инструмента для выезда на объект.

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЯЮЩЕЕ КУРС-101

Применяют в схемах автоматизации паро-водогрейных котлов, сжигающих газовое и жидкое топливо и устанавливаемых преимущественно в тепличных хозяйствах.

Устройство КУРС-101 обеспечивает:

- предварительную вентиляцию топки;
- автоматический пуск и останов котла;
- автоматический розжиг горелки;
- блокировки в схеме устройства, необходимые в пусковой период; отключение подачи топлива к горелке (автоматика безопасности) при повышении или понижении уровня воды в котле или в деаэраторе, повышении давления газа перед регулирующим органом, понижении давления газа перед горелкой, понижении давления первичного и вторичного воздуха, погасании факела горелки и пламени запальника, отсутствии закрытия клапанов-отсекателей, понижении температуры или давления мазута;

световую аварийную сигнализацию (загорается табло «Авария» и соответствующее табло, фиксирующее причину аварии); передачу сигнала аварии на диспетчерский пункт; рабочую и предупредительную сигнализацию: загорание индикаторной лампы «Работа» говорит о нормальной работе котла, лампы «Газ» и «Мазут» — о виде топлива, «Водогр»

и «Пар» указывает на тот или иной режим работы котла, «АВР пит. насоса» — на автоматическое включение резервного питательного насоса при работе котла в паровом режиме, «Напряжение» сигнализирует о наличии питания на входе устройства. Другие индикаторы лампы показывают состояние параметров и элементов автоматики: «Предварительная вентиляция», «Зажигание», «Клапан запальника», «Пламя запальника», «Факел», «Температура воды предельная», «Давление пара предельное», «Послеостановочная вентиляция», «Пуск» и «Включение регулирования»;

позиционное автоматическое регулирование тепловой мощности котла (регулятор давления пара или температуры горячей воды и регулятор соотношения топливо—воздух).

Схема регулирования обеспечивает управление исполнительным механизмом таким образом, что он перемещает регулирующие органы топлива и воздуха в положение 40 и 100 % открытия при поступлении соответствующих сигналов регулируемого параметра.

Устройство питается напряжением переменного тока 220 В с колебаниями от +10 до —15 % (50 Гц). Потребляемая мощность—не более 220 В·А.

Первичные измерительные преобразователи и исполнительные механизмы в комплект поставки не входят. Изготовитель устройства Московский завод тепловой автоматики.

ЩИТ АВТОМАТИЗАЦИИ Щ-К2

Предназначен для автоматизации и контроля работы котлов типа ДН и ДКВР производительностью от 2,5 до 20 т/ч, оборудованных горелками для сжигания природного газа и мазута. Система обеспечивает автоматическое регулирование теплотехнических процессов (давления пара в барабане, уровня воды в барабане котла, разрежения в топке, подачи воздуха). Напряжение питания регулятора — 220 В (50 Гц), потребляемая мощность — 20 В·А. Система устойчиво работает при изменении температуры воздуха в котельной от 5 до 50°С и относительной влажности воздуха до 80%.

Система представляет собой комплекс первичных приборов, усилителей, преобразователей и исполнительных механизмов. Первичный прибор реагирует на отклонения регулируемого параметра и преобразует его в электрический сигнал. В усилителе этот сигнал суммируется с сигналами от других приборов, задатчика и устройства обратной связи, усиливается и подается на вход электро-гидравлического реле, которое управляет гидравлическим исполнительным механизмом. Выходной рычаг механизма воздействует на регулирующий орган (клапан, за-слойка, шибер, направляющий аппарат и др.), перемещение которого преобразуется в электрический сигнал обратной связи, поступающий на вход усилителя. В зависимости от схемы регулирования обратная связь может быть жесткой и гибкой, при которой осуществляются пропорциональный и пропорционально-интегральный законы регулирования. Электрический сигнал от первичных приборов и задатчика усиливается электронными бесконтактными усилителями типа УТ

КОМПЛЕКТ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ КСУ-2П

Предназначен для управления паровыми котлоагрегатами, работающими на газе низкого давления, производительностью 0,25...2,5 т/ч.

КОМПЛЕКТ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ КСУ-1

Предназначен для водогрейных котлов тепловой мощностью 0,5...3,5 МВт, оборудованных газовыми горелками низкого и среднего давления.

УНИФИЦИРОВАННАЯ СИСТЕМА АМК АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ, УПРАВЛЕНИЯ И ЗАЩИТЫ МИКРОКОТЛОВ

Предназначена для паровых и водогрейных микрокотлов типа Е и МЗК, работающих на газовом топливе низкого давления. Обеспечивает автоматическое двухпозиционное регулирование основных технологических параметров (поддержание в заданных пределах давления пара, температуры горячей воды и уровня воды в котле, регулирование горения), полуавтоматический пуск и остановку котлоагрегата, сигнализацию о нормальной работе и аварии когда. Напряжение питания - - 220 В (ПО Гц), потребляемая мощность с трансформатором зажигания — 650, без него - 400 В*А, давление газа — 0.8...2,0 кПа.

Подача газа к котлу прекращается при утечке воды, превышении температуры горячей воды (давления пара) сверх допустимого значения, прекращении подачи воздуха. электроэнергии, отсутствии тяги и циркуляции воды. погасании пламени горелки. Автоматика устойчиво работает при температуре воздуха в котельной в пределах 5 ..50° С и относительной влажности воздуха до 80%

АВТОМАТИКА ФАЖ— АНГ «ПЛАМЯ»

Для замены автоматики АГК-2У Киевский научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт городского хозяйства разработал унифицированную систему автоматики «Пламя». Предназначена для автоматизации отопительных котельных, содержащих до 10 водогрейных котлов тепловой мощностью до 1,2 МВт.

Контрольные вопросы:

1. Какое устройство имеет наиболее большие преимущества?
2. Что выдается заказчику после окончания установки устройств?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;

Практическое занятие № 56

Тема: Регулирующие органы котельных.

Цель работы: Изучить регулирующие органы котельных.

Порядок выполнения работы:

1. Дайте описание регулирующим органам котельных.
2. Опишите характеристику шиберов.

Общие сведения.

РЕГУЛИРУЮЩИЕ ОРГАНЫ

Регулирующие органы представляют собой переменные гидравлические сопротивления, устанавливаемые в трубопроводе и служащие для изменения расхода протекающего по нему вещества. Пропускная способность трубопровода зависит от проходного сечения регулирующего органа, которое изменяется по команде автоматического регулятора.

Регулирующие органы, устанавливаемые на котлах, подразделяют на заслончатые (регулирование газа, воздуха и разрежения), применяемые при давлениях до 10 кПа, и на клапаны (регулирование питания). Дроссельные регулирующие клапаны используют также на трубопроводах газа и воздуха.

Регулирующие клапаны устанавливают на прямолинейных участках трубопровода. Запорную арматуру, тройники для обводной линии и прочие устройства, искажающие поток жидкости в трубопроводе, монтируют 10... 15 Ду как перед так и после клапана. Ду (условней проход) в регулирующих органах — это номинальный размер диаметра прохода в присоединенных патрубках.

Регулирующие органы не могут выполнять функции опорных органов, поскольку их изготавливают с увеличенными зазорами между затвором и седлом и они не обладают достаточной герметичностью.

При проведении наладочных работ по автоматизации котельных часто необходимо выбрать или проверить регулирующий орган для подачи регулируемой среды. Пропускные характеристики и проходные площади сечения регулирующего органа должны обеспечивать наилучшее качество процесса регулирования.

Наименьший перепад на регулирующем органе будет при максимальном расходе среды и наибольший — при минимальном.

При оценке характеристики регулирующего органа принимают во внимание следующее: **чем больше сопротивление полностью открытого регулирующего органа по отношению к сопротивлению линии, тем лучше его рабочая характеристика, тем больше приближается она к пропускной, тем большая часть перепада давления в системе приходится на регулирующий орган.**

Искажение характеристик регулирующего органа вызывает также изменение давления и начале или конце системы.

Следует иметь в виду, что наличие люфтов в сочленениях и пробегов сервомотора ухудшают работу регуляторов (равносильно запаздыванию регулирующего параметра),

поэтому их необходимо устранять в первую очередь.

В рабочих условиях трудно снять рабочую характеристику регулирующего органа (зависимость расхода от перемещения затвора), поскольку сложно определить расход вещества. Поэтому снимают условную зависимость нагрузки котла от перемещения выходного устройства исполнительного механизма (условная, потому что нагрузка является внешним фактором, а перемещение выходного устройства исполнительного механизма призвано изменять только один "свой" параметр). Эта зависимость (ее называют также статической характеристикой) может преобразовываться изменением кинематической схемы сочленения сервомотора с регулирующим органом.

Регулирующий орган подходит для автоматической системы регулирования, если минимальная и максимальная скорости регулирования во всем регулируемом диапазоне отличаются не более чем в 2 раза.

Характеристику шибера для оценки приемлемости его работы в системе автоматического регулирования разрежения в топке котла снимают, например, следующим образом.

1. Устанавливают минимальную нагрузку котла и измеряют перемещение выходного устройства исполнительного механизма от крайнего положения до положения при заданном разрежении в топке котла. На дистанционном управлении увеличивают разрежение на 20...30 Па и компенсируют его добавлением подачи воздуха и газа.

2. Записывают новое положение выходного устройства при увеличенной нагрузке котла. Аналогично каждый раз увеличивая тягу, строят характеристику регулирующего органа во всем диапазоне. Нагрузку котла берут из режимной карты, так как от нее зависит давление газа перед горелками, которое также необходимо записывать при всех фиксированных положениях выходного устройства.

3. Приблизить полученную характеристику к линейной можно изменением количества регулирующих заслонок шибера (например, исключением одной, двух заслонок). Характеристики регулирующих органов, изменяющих расход газа и воздуха, снимают таким же способом.

4. Рабочую характеристику регулирующего клапана на подводе питательной воды снимают путем записи расхода пара (если есть расходомер пара) при различных положениях выходного устройства исполнительного механизма и неизменном уровне воды в барабане котла.

5. Регулирующие органы сочленяют с исполнительными механизмами следующим образом: жестко (тягой); тросовой связью; через кулачковый привод; непосредственно.

6. Жесткое сочленение наиболее распространено. Его применяют, когда расстояние между регулирующим органом и исполнительным механизмом не превышает 2...3 м.

7. Использование общепромышленных регулирующих органов (клапанов, заслонок, направляющих аппаратов) в большинстве случаев требует преобразования формы рабочей характеристики регулирующего органа в соответствии с характеристикой объекта в каждой конкретной системе автоматического регулирования. Это преобразование легче всего осуществить применением правильной кинематической схемы сочленения сервомотора с регулирующими органами.

Резко выпуклой формой рабочей характеристики обычно обладают:
-заслонки и шиберные устройства с условным проходим. равным условному проходу трубопровода;
-направляющие аппараты вентиляторов и дымососов; клапаны, установленные без соблюдения рекомендаций по гидравлическим характеристикам.

Для спрямления их характеристик следует применять сочленение с резко вогнутой характеристикой.

При этом следует иметь в виду, что регулируемый диапазон нагрузок иногда обеспечивается регулирующим органом только в небольших пределах всей рабочей характеристики,

Например, заслонки, шибера работают в диапазоне 20-60 угла поворота. Сочленение следует выполнить так, чтобы этот небольшой диапазон характеристики обеспечивался максимальным углом поворота исполнительного механизма (полный ход сервомотора).

Сочленение состоит из трех подвижных элементов; ведущего рычага, ведомого рычага и тяги. Конструктивное выполнение тяги рычага регулирующего органа должно обеспечивать простое, надежное и быетроосуществляемое в процессе наладки изменение угла посадки рычага на валу регулирующего органа и изменение длины рычага и тяги,

Сочленения применяют прямого типа (рис. 14,а), в котором ведущий и ведомый рычаги вращаются в одном направлении, и обратного (рис. 14,Л), в котором рычаги вращаются в противоположных направлениях.

Наименьшее плечо силы, прилагаемой к тяге, определяется $1/4 \cdot R$ (см. рис. 14), поскольку ослабление усилия допускается не более чем в 4 раза.

Характеристику сочленения условно определяет фактор кривизны t , который является отношением угла поворота регулирующего органа при повороте рычага сервомотора на половинный угол к полному углу поворота регулирующего органа. Значение $y = 0,25 \dots 0,28$ соответствует максимально вогнутой характеристике. Это значение одинаково для сочленения прямого и обратного типа и зависит также от расстояния между осями сервомотора и регулирующего органа.

Значение $y = 0,5$ соответствует линейной характеристике сочленения, значение $y = 0,68 \dots 0,78$ — максимально выпуклой характеристике сочленения.

Аналогичное исправление статических характеристик звеньев системы автоматического регулирования возможно также изменением конструктивной характеристики (профилировки) регулирующего клапана.

В случае неудовлетворительной статической характеристики установленного клапана поступают так:
снимают рабочую характеристику установленного клапана при работе его в нормальных условиях;
снимают конструктивную характеристику клапана при его вскрытии;
строят на одном графике рабочую и конструктивную характеристику клапана;
задают желаемую рабочую характеристику клапана и графически находят его конструктивную характеристику. по которой и выполняют его профилировку.

На основании практического опыта наладки регуляторов котельных установлено, что линейная конструктивная характеристика регулирующего органа приемлема при постоянном перепаде давления на клапане, не зависящем от нагрузки объекта (регуляторы давления, уровня, редукционные паровые установки и т. д.).

Клапаны с равнопроцентной конструктивной характеристикой используют при переменном перепаде давления на регулирующем органе» зависящем от степени его открытия (регулятор подачи топлива к котлу, пара к бойлерным установкам и т. д.).

При выборе клапана следует учитывать, что максимальная проходная площадь сечения его должна обеспечивать расчетный пропуск регулируемой среды с 10%-ным запасом по площади сечения, так как при недостаточном ее значении не обеспечивается необходимый диапазон регулирования, а при чрезмерно большом значении снижается качество регулирования вследствие значительного изменения расхода регулируемой среды при минимальном перемещении затвора.

Диаметр регулирующего клапана при правильно рассчитанном трубопроводе должен быть меньше диаметра трубопровода в 1,3...2 раза, иначе работа клапана неэффективна.

С 1971 г. действует ГОСТ 16443—70. Устройства исполнительные. Методы расчета пропускной способности, выбора условного прохода и пропускной характеристики.

Стандарт распространяется на исполнительные устройства и устанавливает методы расчета их пропускной способности, выбора условного прохода и пропускной характеристики при регулировании потоков однофазных сред: жидкостей, в том числе вскипающих при дросселировании; газов; водяного пара.

Условную пропускную способность и пропускную характеристику выбирают в зависимости от максимального расчетного значения пропускной способности и необходимой рабочей расходной характеристики.

Контрольные вопросы:

1. Что принимают во внимание при оценке характеристики регулирующего органа?
2. Какой ГОСТ действует с 1971 года?
3. Какую условную пропускную способность и пропускную характеристику выбирают в зависимости от максимального расчетного значения?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;

Практическое занятие № 57

Тема: Характеристика наладки автоматики безопасности и сигнализации

Цель работы: Изучить наладку автоматики безопасности и сигнализации котельной.

Прорядок выполнения работы:

1. Опишите наладку автоматики безопасности и сигнализации котельной.
2. Заполните ведомость дефектов.

Общие сведения.

НАЛАДКА АВТОМАТИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И СИГНАЛИЗАЦИИ КОТЕЛЬНЫХ

Автоматика безопасности предусматривает пусковые защитные блокировки, которые обеспечивают заданную последовательность операций при растопке котла и отключение его при возникновении аварийных состояний. Выполнение автоматики безопасности для котлов, работающих на газе или мазуте, предусмотрено СНиП 11—35—76 и правилами Госгортехнадзора.

Для обеспечения безопасности работы автоматизированных, а также неавтоматизированных котлов необходима надежная автоматическая система, особенно при сжигании в топках котлов взрывоопасного и токсичного газового топлива. Известно, что смесь воздуха с природным газом в количестве 5.. 15% взрывоопасна при соприкосновении с открытым огнем. Взрыв газа возможен: а) в холодной топочной камере при розжиге котла; б) в действующей топке при попытке розжига резервных горелок; в) в горячей топочной камере остановленного котла.

Одним из основных требований, предъявляемых к системам автоматики безопасности **котельных, является максимальный самоконтроль устройств автоматики.** Таким образом, в случае неисправности в системе автоматики безопасности котел должен автоматически выключаться путем отсечки подачи топлива.

При полном самоконтроле объект может находиться в действии только при полностью исправной системе автоматики безопасности, что ставит повышенные требования не только к проектированию системы безопасности, но и к монтажу и наладке приборов. Должна быть также установлена строгая периодическая проверка работоспособности всей системы безопасности.

Во все системы автоматики безопасности, независимо от объема параметров защиты, обязательно входит клапан-отсекатель, предназначенный для прекращения подачи топлива в топку котла при нарушении одного из контролируемых параметров. Клапан-отсекатель при временном прекращении подачи газа по газопроводу предотвращает загазование топки.

В отдельных случаях для управления клапаном-отсекателем используют электромагнит, который удерживает защелку клапана так, чтобы он оседался в открытом положении до срабатывания схемы автоматики безопасности.

В последнее время получили распространение соленоидные клапаны-отсекатели.

Соленоидные обмотки этих клапанов непосредственно или через промежуточное реле включены в схему автоматики безопасности.

Наладку автоматики безопасности ведет, как правило, бригада из двух человек, используя следующие приборы и инструменты: микроанометр ММН-250, омметр М-57, манометр образцовый МО, пресс разъездной, прибор Петрова Г1ПР-2М, комбинированный прибор Ц-4312, секундомер механический С.М-60, лабораторный автотрансформатор ЛАТР-2, мегомметр М1 101, 500Вf насос Шмица и гарнитуру для создания перепада давления (резиновые трубки, вентили и переходники), телефонную гарнитуру ТМГ-1, комплект гаечных ключей и инструмента, электропаяльник, карманный фонарь, защитные средства (диэлектрические перчатки, плакаты «Не включать—

работают люди» и др.).

Работы проводят в следующей последовательности:

проверка исправности и соответствия проекту оборудования и монтажа;
проверка работоспособности и функционирования первичных измерительных преобразователей;

наладка схем автоматики безопасности и сигнализации.

Перед началом производства работ наладчики должны ознакомиться с технической документацией и осмотреть установленное оборудование и приборы.

По мере проведения работ в случае обнаружения неисправности оборудования составляют ведомость дефектов и передают заказчику, В дальнейшем наладчики должны контролировать процесс устранения неисправностей и выполнение данных рекомендаций.

Контрольные вопросы:

1. Что является одним из основных требований, предъявляемых к системам автоматики безопасности котельных?
2. Зачем необходимо заполнение технической документации?
3. Сколько человек участвуют в наладке?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;

Практическое занятие № 58

Тема: Характеристика проверки работоспособности и функционирования первичных измерительных преобразователей.

Цель работы: Изучить проверку работоспособности и функционирования первичных измерительных преобразователей.

Порядок выполнения работы:

1. Опишите проверку работоспособности и функционирования первичных измерительных преобразователей.

Общие сведения.

ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПЕРВИЧНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

В первую очередь в первичных преобразователях проверяют сопротивление изоляции между корпусом и токоведущими частями, которое должно быть не меньше, чем указано в инструкции завода-изготовителя.

Первичные преобразователи типа ДНТ, ДН, СПД (разрежение, давление воздуха и газа) проверяют на плотность воздействием одностороннего давления. Для этого подают испытательное давление в обе камеры преобразователя и надежно закрывают линии подачи воздуха.

Затем воздействуют односторонним давлением, превышающим на 25% величину предельного перепада на нижнюю полость прибора, а верхнюю полость прибора сообщают с атмосферой, надежно перекрыв линию подачи воздуха.

Давление в камерах при этих операциях не должно меняться в течение 1 мин, а шток должен оставаться неподвижным.

При следующей операции, изменяя жесткость регулирующей пружины вращением регулирующей гайки, первичный преобразователь настраивают на срабатывание (размыкание) при аварийном значении параметра, указанном в таблице уставок автоматики безопасности котла.

После настройки затягивают стопорную гайку и вновь проверяют значение параметра при срабатывании контактной группы.

На первичном преобразователе, установленном на рабочем месте, необходимо следить за тем, чтобы поступающее давление (разрежение) не было пульсирующим.

При необходимости ставят дроссельные шайбы, которые подбирают экспериментально так, чтобы обеспечить необходимую чувствительность первичного преобразователя и в то же время сгладить пульсацию параметра.

При проверке уровнемеров поверяют измерительную часть и сигнальное устройство согласно инструкции завода-изготовителя. Для поверки используют прибор Петрова (ПИР-2М). Обращают внимание на правильность трубной обвязки прибора и уравнительного сосуда, а также на правильность монтажа самого уравнительного сосуда. Приборы, контролирующие наличие факела в топке котла (АКП-2, ЗЗУ, Ф-24), поверяют в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

Прибор с фотодатчиком должен быть установлен так, чтобы фотодатчик по отношению к факелу находился под определенным углом и через корень факела он был направлен на наиболее темную часть топки (экранную трубу). При этом он не должен освещаться другими источниками света.

После лабораторной поверки работу комплекта проверяют нутом освещения фотодатчика посторонним источником света. Освещенность фотодатчика должна изменяться (пульсировать), имитируя пламя.

При работе прибора с контрольными электродами необходимо следить, чтобы они были надежно изолированы от корпуса. Конец электрода должен находиться в зоне устойчивого горения факела ближе к горелке, но не соприкасаться с ней. Срабатывание прибора в этом случае проверяют путем замыкания электрода на корпус через диод.

Показания и срабатывание контактных групп электроконтактного манометра (ЭКМ) контролируют при помощи разъездного пресса и образцового манометра согласно заводской инструкции.

Контрольные вопросы:

1. В течении сколько минут давление в камерах при этих операциях не должно меняться ?
2. Какой прибор используют для поверки?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Яшура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Яшура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;

Практическое занятие № 59

Тема: Соответствие проверки исправности и работоспособности автоматических регуляторов.

Цель работы: Изучить соответствие проверки исправности и работоспособности автоматических регуляторов.

Порядок выполнения работы:

1. Описать проверку исправности и работоспособности автоматических регуляторов.

Общие сведения.

ПРОВЕРКА ИСПРАВНОСТИ И СООТВЕТСТВИЯ ПРОЕКТУ ОБОРУДОВАНИЯ И МОНТАЖА

Установленные приборы и оборудование должны соответствовать проекту, требованиям завода-изготовителя и СНиП.

Первичные измерительные преобразователи, коммутационная, защитная и релейная аппаратура, а также кабельные связи и коммуникации регуляторов проверяют в том же объеме, что и автоматику безопасности.

У усилителей проверяют соответствие паспортных данных проекту, отсутствие внешних повреждений, надежность крепления, наличие и правильность обозначения проводов и выводов, наличие проектных перемычек и зачечлений.

У механизмов — соответствие их проекту, правильность и надежность монтажа гидравлических линий и сливных устройств, отсутствие заедания и люфтов в кинематике сочленений исполнительного механизма и регулирующего органа, наличие дополнительных монтажных отверстий на рычагах.

У регулирующих органов — соответствие их проекту и соответствие требованиям, предъявляемым к регулирующим органам, работающим в автоматической системе регулирования. Для этого снимают рабочую характеристику регулирующего органа во всем диапазоне работы (фиксируют условную нагрузку или параметр равномерно в пяти точках диапазона хода сервомотора).

ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОТДЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Методика проверки работоспособности отдельных приборов изложена в соответствующих инструкциях.

Проверку первичных преобразователей типа ДТ2 на плотность и проверку воздействием одностороннего давления проводят по той же схеме и в том же объеме, что и соответствующих датчиков, стоящих в схеме защиты.

Полный сигнал с первичных преобразователей типа ДМ модели 3564 и МЭД должен быть не менее 500 мВ. При снятии характеристик вышеупомянутых приборов изменяют параметр от заданного значения до нуля и от заданного значения до максимального давления или перепада первичного преобразователя и фиксируют величину сигнала в пяти точках, равном; для всех диапазон измерения. Расхождение р.олнчипы сигналов при прямом и обратном ходе не должно превышать $\pm 4\%$ (приблизительно 20 мВ) от величины максимального сигнала.

При включении по постоянной схеме первичные преобразователи и их импульсные линии проверяют на отсутствие течей в рабочих условиях.

При использовании гидравлических исполнительных механизмов в системе "Кристалл" датчики обратной связи проверяют в соответствии с заводской инструкцией на эти механизмы.

Следует помнить, что изодромное устройство ГИМа проверяют на значение величины фазового небаланса датчика обратной связи в положении минимального сигнала и на значение времени изодрома всех оцифрованных положений ручки дросселя.

Зависимость напряжения на выходе датчика обратной связи от величины перемещения поршня сервомотора строят при перемещении поршня из одного крайнего положения в другое, фиксируя величину сигнала по милливольтметру в шести точках, равномерно делящих диапазон хода поршня.

Контрольные вопросы:

1. Какие приборы подвергаются проверке?
2. Чему равен полный сигнал с первичных преобразователей типа ДМ модели 3564 и МЭД?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Яшура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Яшура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;

Практическое занятие № 60

Тема: Выполнение схемы установки средств измерений при испытании котлоагрегатов на твердом топливе.

Цель работы: Изучить выполнение схем установки средств измерений при испытании котлоагрегатов на твердом топливе.

Порядок выполнения работы:

1. Опишите порядок установки средств измерений при испытании котлоагрегатов на твердом топливе.
2. Зарисуйте рис. 13-12 и дайте его описание.

Общие сведения.

Расстановка контрольно-измерительных приборов должна производиться по заранее разработанной схеме. Выбор схемы расстановки приборов зависит от конструкции котельного агрегата, вида сжигаемого топлива и задачи испытания. При балансовых испытаниях должны быть предусмотрены все измерения, обеспечивающие определение основных потерь теплоты и КПД котельного агрегата, а также измерение величин, характеризующих работу тягодутьевых устройств газовоздушного тракта. При выборе контрольно-измерительных приборов для испытаний следует исходить из того, что основными определяемыми величинами являются: нагрузка котла, параметры выдаваемого котлом пара, состав и температура продуктов горения по газовому тракту, температура питательной воды до водяного экономайзера и, после него, разрежение по газовому тракту и давление воздуха по воздушному тракту.

При выборе контрольно-измерительных приборов для испытаний основное внимание должно быть обращено на точность их показаний. Класс точности прибора должен соответствовать необходимой точности эксперимента. При эксплуатационных испытаниях для измерения отдельных величин могут применяться менее точные приборы. Так, например, для измерения расходов можно применять не только специально устанавливаемые дифференциальные манометры типа ДТ-50, но и любые расходомеры класса точности 1,0. В то же время не следует пользоваться эксплуатационными термомпарами в чехлах вследствие заметной инерции их.

На рис. 13-12 показана типичная схема измерений, применяемая при испытании котлоагрегатов типа КЕ при слоевом сжигании твердого топлива на цепной решетке обратного хода с пневмомеханическим забрасывателем.

Перечень средств измерений и их краткая характеристика приведены в табл. 13-7. Расход топлива может не измеряться, если нет возможности произвести его взвешивание по условиям : подачи топлива. Однако для котлов паропроизводительностью до 25 т/ч желательно проводить взвешивание топлива, так как Это позволяет проконтролировать точность сведения теплового

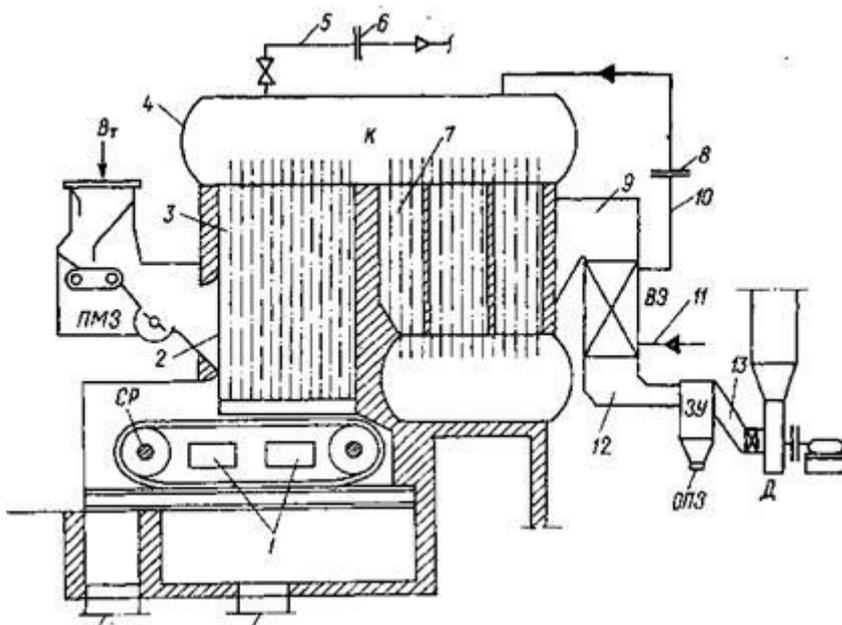


Рис. 13-12. Схема измерений при испытании котлов КЕ с цепными решетками и пневмомеханическими забрасывателями (перечень средств измерений и их характеристику см. в табл. 13-7)

ПМЗ — пневмомеханический забрасыватель; К — котельный агрегат; ВЭ — водяной экономайзер; ЗУ — золоуловитель; Д — дымосос

При испытании котлоагрегатов, не имеющих пароперегревателя, нагрузку агрегата приходится определять по расходу питательной воды, так как измерение сужающими устройствами расхода насыщенного пара дает значительную погрешность. Определение нагрузки котла по расходу питательной воды требует тщательной проверки плотности дренажной и продувочной арматуры и водяного экономайзера.

Расстановка средств измерения и проверка качества их работы является весьма существенным этапом любых испытаний. Для уменьшения числа наблюдателей, участвующих в испытании, и упрощения снятия показаний средств измерений желательно все измерения разбить на группы, сосредоточив в них однотипные измерения. Так, например, в одном месте следует сосредоточить средства измерений температуры по газовому тракту, состава продуктов горения, разрежения и т. д. При прокладке резиновых трубок от точек забора до приборов рекомендуется располагать их на достаточном расстоянии от обмуровки, от воздухопроводов горячего воздуха и от других поверхностей с высокой температурой. Для этого штуцера в местах отбора должны иметь длину не менее 300 мм. При прокладке резиновых шлангов предварительно проверяют их плотность, а в местах поворота защищают от перегиба, надевая на них пружинки из проволоки или металлические трубки.

Приборы следует устанавливать в хорошо освещенных и удобных для обслуживания местах. Наблюдатели, участвующие в испытании, предварительно инструктируются по технике измерений и технике безопасности.

На рис. 13-13 показана типичная схема расстановки средств измерений при испытании котельных агрегатов с молотковыми мельницами. Перечень средств измерения и их краткая характеристика приведены в табл. 13-8. В связи со сложностью отбора, проб пыли из гравитационных сепараторов молотковых мельниц < эти измерения могут не проводиться. В этом случае может быть 1

Контрольные вопросы:

1. При каких испытаниях котлоагрегатов приходится определять, не имеющих пароперегревателя, нагрузку агрегата?
2. Как располагают при прокладке резиновых трубок от точек забора до приборов?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;

Практическое занятие № 61

Тема: Выполнение схемы установки средств измерений при испытании котлоагрегатов на жидком и газообразном топливе.

Цель работы: Изучить схемы установки средств измерений при испытании котлоагрегатов на жидком и газообразном топливе.

Порядок выполнения работы:

1. Опишите схемы установки средств измерений при испытании котлоагрегатов на жидком и газообразном топливе.
2. Зарисуйте рис.13-14; 13-15 и дайте им описание.

Общие сведения.

При разработке схемы установки средств измерений для испытания котельных агрегатов на газе следует предусмотреть измерения, необходимые для снятия регулировочной характеристики горелки. Регулировочная характеристика горелки показывает соотношение между давлением газа и давлением воздуха, при котором поддерживается оптимальный коэффициент избытка воздуха на выходе из горелки. Следовательно, регулировочная характеристика горелки позволяет персоналу для каждого давления газа устанавливать давление воздуха, при котором процесс горения будет наиболее эффективным.

Схема расстановки средств измерения, необходимых для снятия регулировочной характеристики горелки, показана на рис. 13-14,. Многочисленные исследования и испытания различных горелок с принудительной подачей воздуха показали, что расход и давление воздуха связаны между собой однозначно только при постоянном коэффициенте избытка воздуха. В связи с этим до снятия регулировочной характеристики необходимо определить, хотя бы ориентировочно, оптимальный коэффициент избытка воздуха.. Ориентировочное определение оптимального коэффициента избытка воздуха производится путем анализа продуктов горения на выходе из топочной камеры котельного агрегата на содержание в них $\text{Н}_2\text{О}$ и O_2 .

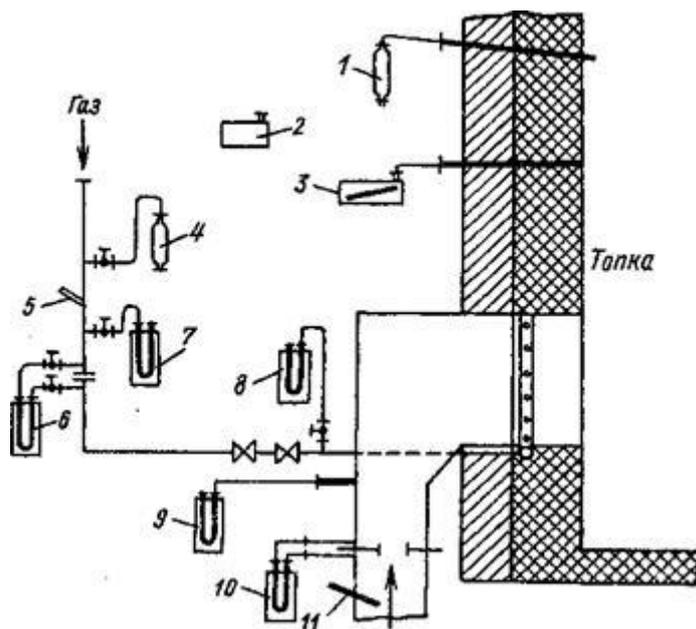


Рис. 13-14. Схема измерений при испытании горелок с принудительной подачей воздуха.

Воздух

При выбранном оптимальном коэффициенте избытка воздуха снимают зависимость расхода воздуха от давления его перед горелкой в следующем порядке:

- 1) устанавливают номинальное давление газа перед всеми горелками;
- 2) устанавливают перед всеми горелками давление воздуха, соответствующее оптимальному коэффициенту избытка воздуха, выполняя для этого режима контрольный анализ продуктов горения на содержание H_2O и O_2 ;
- 3) снижают давление газа перед всеми горелками примерно на 10—15% по сравнению с установленным, уменьшая затем подачу воздуха с таким расчетом, чтобы коэффициент избытка воздуха остался неизменным (это контролируется анализом продуктов горения, в которых содержание H_2O и O_2 должно оставаться на прежнем уровне); постепенно снижая давление газа и затем давление воздуха перед всеми горелками, снимают зависимость — $V/V_{\text{н}}$ при 8—10 режимах, в которых удастся поддерживать постоянным коэффициент избытка воздуха;
- 4) результаты испытания сводят в таблицу (табл. 13-10), по данным которой составляют ориентировочную регулировочную характеристику горелки (пример такой характеристики приведен в табл. 13-11);
- 5) ориентировочную регулировочную характеристику горелки уточняют путем контрольного полного анализа продуктов горения с определением содержания CO , SiH_4 и H_2 при окончательном выборе «опт».

Воздушного потока у горелок с тангенциальным подводом воздуха изменяется с помощью языковогошибера, а у некоторых конструкций лопаточных закручивателей — изменением угла установки лопаток.

Мазутные форсунки чаще всего испытываются совместно с котельным агрегатом, так как измерения, характеризующие качество распыления мазута, могут быть выполнены только на специальных стендах. Перед испытанием котельных агрегатов, оборудованных мазутными форсунками, следует найти оптимальное положение форсунки по отношению к амбразуре и убедиться в том, что факел, выдаваемый форсункой, не соприкасается с задней стенкой топочной камеры.

Пружинные манометры любого типа, класса точности не ниже 0,6 Специальный расходный бак

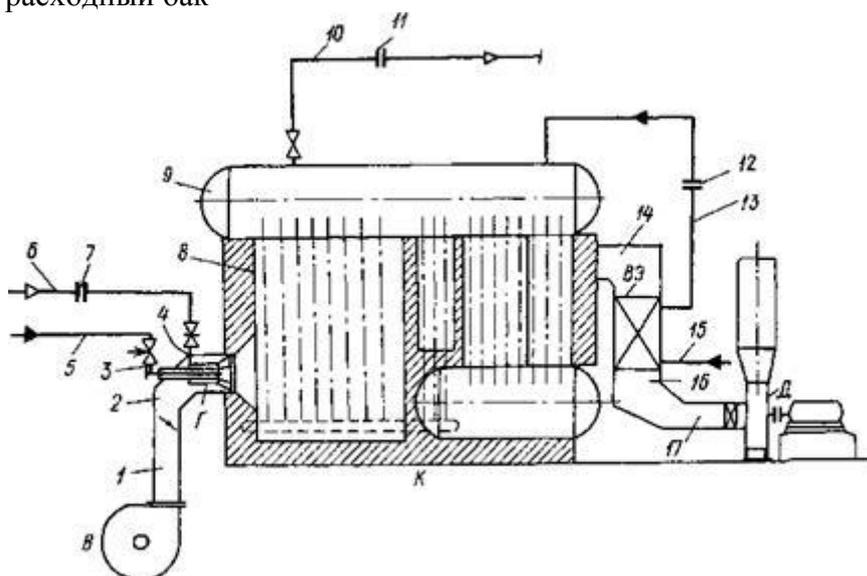


Рис. 13-15. Схема измерений при испытании котлов ДКВ и ДКВР на газообразном топливе

В — вентилятор; Г — горелка; К — котлоагрегат; ВЭ — водяной экономайзер;

Д — дымосос

Снятие регулировочных характеристик мазутных форсунок обычно не выполняется, и выбор оптимального коэффициента избытка воздуха производится в целом для котельного агрегата при различных нагрузках.

На рис. 13-15 показана типичная схема измерений, применяемая при испытании котлов типа ДКВ и ДКВР на жидком и газообразном топливе. Перечень средств измерений и их краткая характеристика приведена в табл. 13-12. Измерения расхода газа (посредством диафрагмы 7 на рис. 13-15), давления газа и его температуры перед диафрагмой или счетчиком могут не проводиться. При сжигании жидкого топлива может не измеряться его расход, если сложно установить расходный бак. Однако измерение расхода газа и жидкого топлива позволяет проконтролировать точность сведения теплового баланса.

Контрольные вопросы:

1. Из чего состоит схема измерений при испытании котлов ДКВ и ДКВР на газообразном топливе?
2. В каком порядке при выбранном оптимальном коэффициенте избытка воздуха снимают зависимость расхода воздуха от давления его перед горелкой?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23,5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;

Практическое занятие № 62

Тема: Определение оптимального коэффициента избытка воздуха

Цель работы: Определить оптимальный коэффициент избытка воздуха

Порядок выполнения работы:

1. Опишите определение оптимального коэффициента избытка воздуха.
2. Опишите определение коэффициента избытка воздуха по газовому анализу продуктов сгорания.

Общие сведения.

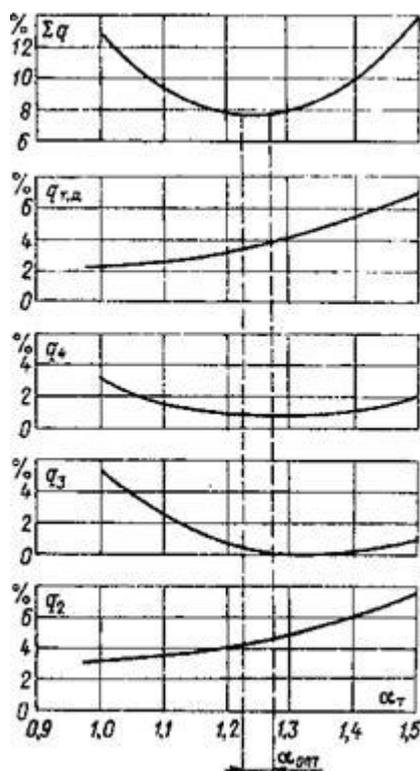
Определение оптимального коэффициента избытка воздуха рекомендуется производить в два этапа. **На первом этапе** определяется ориентировочное значение. **На втором этапе** производится уточнение и окончательный выбор оптимального коэффициента избытка воздуха. Второй этап выполняется после опытов по выбору оптимальной тонкости пыли и положения факела в топочной камере.

На первом этапе. Определение ориентировочного и окончательного значений оптимального коэффициента избытка воздуха α «опт» производится при четырех нагрузках котлоагрегата (номинальной, минимальной и двух промежуточных). Ориентировочное определение α «опт» производится путем анализа продуктов горения с определением содержания H_2O и O_2 на выходе из топочной камеры или за первой, ближайшей к топке поверхностью нагрева. Перед этим следует уплотнить тракт продуктов горения котлоагрегата, т. е. ликвидировать присосы холодного воздуха. При сжигании топлива в топках с цепными решетками и пневмомеханическими забрасывателями для определения ориентировочного коэффициента избытка воздуха следует сначала выбрать распределение воздуха по зонам и соплам пневмозаброса, а также скорость цепной решетки. Скорость цепной решетки и распределение воздуха по зонам и на пневмозаброс выбирается с таким расчетом, чтобы процесс горения заканчивался перед последней зоной. Для этого в 1-ю и 4-ю зоны (по движению решетки) подается примерно 15%, во 2-ю и 3-ю зоны примерно 75% и на сопла пневмозаброса около 10% воздуха, необходимого для горения. При сжигании топлива на цепных решетках без забрасывателей в 1-ю и 4-ю зоны подается 15—20%, а во 2-ю и 3-ю 80—85% воздуха, необходимого для горения. При этом устанавливается толщина слоя для антрацита 180—220 мм, каменных углей 80—120 мм и бурых углей 200—250 мм. В пылеугольных топках с молотковыми мельницами опыты ведутся при расчетной тонкости помола пыли. Распределение вторичного воздуха следует осуществить так, чтобы факел располагался на оси горелок и находился на одинаковом расстоянии от стен топочной камеры, а сепарация пыли в холодную воронку отсутствовала. Подача топлива и воздуха на все мельницы должна быть одинаковой.

На каждой нагрузке проводится три-четыре опыта: при минимальном, максимальном и одном-двух промежуточных коэффициентах избытка воздуха. Минимальный коэффициент избытка воздуха при слоевом сжигании топлива рекомендуется принимать не менее 1,2, максимальный не более 1,8. В пылеугольных топках минимальный коэффициент избытка воздуха 1,1—1,15; максимальный 1,45.

Во время опытов измеряются следующие величины: нагрузка котла, давление и температура перегрева пара, состав продуктов горения с определением содержания CO_2 и O_2 на выходе из топки и в уходящих газах, температура уходящих газов, температура воздуха перед воздухоподогревателем, после него и перед мель-

Рис. 13-16. Графический выбор оптимального коэффициента избытка воздуха



Лицами, разрежение по тракту продуктов горения, давление воздуха по воздушному тракту, содержание горючих в шлаке и уносе, уловленном в золоуловителе.

При сжигании жидкого и газообразного топлив, как показали многочисленные испытания, оптимальный коэффициент избытка воздуха соответствует его минимальному значению, при котором отсутствует потеря теплоты от химической неполноты горения. Поэтому для ориентировочного определения оптимального коэффициента избытка воздуха α_{opt} достаточно произвести анализ продуктов горения на выходе из топки или возможно ближе к ней с определением содержания $ИО_2$ и O_a , построив зависимость, показанную на рис. 3-1. Кроме того, измеряются: нагрузка котла, давление и температура перегрева пара, состав продуктов горения в уходящих газах, температура воздуха перед горелками, давление газа (мазута) или их

Расход на горелки, давление вторичного воздуха перед горелками.

На втором этапе после выбора оптимального положения факела (распределения воздуха по зонам при слоевом сжигании) и оптимальной тонкости пыли производится окончательный выбор оптимального коэффициента избытка воздуха. Для этого при каждой из выбранных нагрузок котла проводится 3—4 опыта в узком диапазоне изменения коэффициента избытка воздуха « $\alpha_{opt} = \alpha_{opt} \pm (0,03-0,04)$ ». В этих опытах проводятся все измерения, необходимые для сведения теплового баланса котлоагрегата (см. § 13-5 и 13-6), а также полный анализ продуктов горения с определением содержания CO , CH_4 и H_2 .

За оптимальный коэффициент избытка воздуха принимается такой, при котором сумма потерь теплоты с уходящими газами, от химической и механической неполноты горения и расход электроэнергии на тягу и дутье минимальны. Обычно выявление α_{opt} производится графически. Для этого расход электроэнергии на 25 4 тягу и дутье (в процентах) необходимо пересчитать в условные потери теплоты по формуле $294006ЛГТ$, $п = \sim -100$, (13-16)

Где $Б$ — удельный расход условного топлива на 1 кВт·ч выработанной энергии, кг/(кВт·ч); — средний часовой расход

Электроэнергии на тягу и дутье, кВт; — низшая теплота сгорания рабочей массы сжигаемого топлива, кДж/кг; $В$ — расход топлива, кг/ч.

Определение коэффициента избытка воздуха по газовому анализу продуктов сгорания.

Коэффициент избытка воздуха α — есть отношение действительного количества воздуха V_d поданного в топочную камеру котла к теоретически необходимому для горения V^o

$$\alpha = \frac{V_d}{V^o} \quad (16)$$

Величина α зависит от состава и вида топлива, топочного режима, степени совершенства смешения топлива с воздухом и т.п. Если известен химический состав газов, получаемых при сгорании топлива, коэффициент избытка воздуха может быть определён по "азотной" формуле, которая для случая полного горения топлива записывается следующим образом:

$$\alpha = \frac{N_2}{N_2 - 3,76O_2} \quad (17)$$

где N_2 – содержание азота в сухих продуктах горения, %.

При наличии химической неполноты горения формула приобретает следующий вид:

$$\alpha = \frac{N_2}{N_2 - 3,76 \left[O_2 - 0,5(CO + H_2) - 2CH_4 - 3C_n H_m \right]} \quad (18)$$

Если замерено содержание кислорода O_2 в дымовых газах по кислородомеру, то величина α может быть определена приближённо по "кислородной" формуле:

$$\alpha \approx \frac{21}{21 - O_2} \quad (19)$$

Количество азота в продуктах сгорания может быть подсчитано по формуле:

$$N_2 = 100 - (RO_2 + O_2 + CO + H_2 + CH_4 + 2C_n H_m) \quad , \% \quad (20)$$

В таком виде "азотная" формула справедлива для топлив, в которых содержится азота меньше 3%.

Контрольные вопросы:

1. Какие величины измеряются во время опытов?
2. По какой формуле определяется коэффициент избытка воздуха?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;

Практическое занятие № 63

Тема: Определение оптимальной тонкости пыли.

Цель работы: Выполнить определение оптимальной тонкости пыли.

Порядок выполнения работы:

1. Опишите определение оптимальной тонкости пыли.
2. Зарисуйте рис. 13-18 и дайте его описание.

Общие сведения.

Основной целью опытов является определение тонкости пыли, при которой сумма потерь теплоты от химической и механической неполноты горения и условного расхода теплоты на размол имеет минимальное значение. Опыты обычно проводятся при двух нагрузках котлоагрегата: номинальной и 0,7—0,8 номинальной. На каждой нагрузке котлоагрегата проводится 4 опыта. с последующим построением зависимости $\alpha = f(\sigma)$. На рис. 13-17 показана ориентировочная зависимость необходимой тонкости пыли при размоле ее в молотковых мельницах.

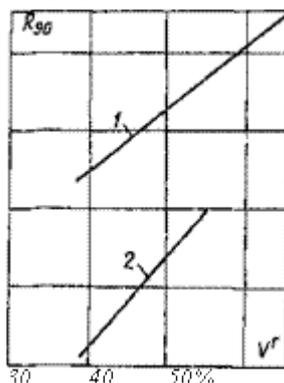
Опыты по выявлению оптимальной тонкости пыли рекомендуется проводить при следующих остатках на сите Я90:

Топливо Остаток на сите #90

ТОС о "1-5" h z Каменные угли..... 15 20 25 35

Бурые угли..... 30 40 45 50

30 40 50 %



Изменение тонкости пыли при размоле ее в молотковых мельницах с гравитационными сепараторами достигается изменением подачи в мельницу воздуха - %. При инерционных сепараторах тонкость пыли - 60 регулируется поворотным шибером, а при центробежных сепараторах — поворотом лопаток. 50
Перед началом опытов следует установить возможность сжигания наиболее грубой пыли по условиям ее сепарации в холодную воронку и шлакования топочной камеры 30

Рис. 13-17. Выбор тонкости пыли в зависимости от выхода летучих в топливе для топок с молотковыми мельницами

1 — бурые угли; 2 — каменные угли

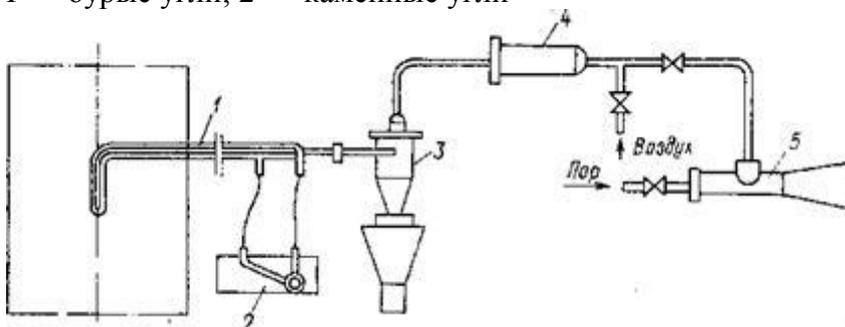


Рис. 13-18. Схема отбора проб пыли с циклоном и тканевым фильтром 1 — трубка ВТИ; 2 — микроманометр; 3 — циклон; 4 — тканевый фильтр; 5 — эжектор

В опытах по выявлению оптимальной тонкости пыли производятся все измерения, необходимые для составления теплового баланса котла. Опыты проводятся при ориентировочно выбранном оптимальном коэффициенте избытка воздуха.

В системах пылеприготовления с молотковыми мельницами отбор проб пыли производится из аэропотока (поток пыли с воздухом или другим сушильным агентом). Метод отбора пыли в этом случае основан на отборе небольшой части аэросмеси с последующим отделением из нее пыли. Для отбора аэросмеси используют специальные отборные трубки ВТИ им. Ф. Э. Дзержинского или трубки Альнера с последующим отделением пыли в циклоне. Затем пробы пыли разделяются и для просеивания отбирается средняя проба массой около 25 г.

На рис. 13-18 приведена одна из распространенных схем отбора пыли с трубкой нулевого типа ВТИ им. Ф. Э. Дзержинского, циклоном и тканевым фильтром. Для отбора пробы необходимо равенство скоростей в точке отбора основного потока в канале и отводимого потока во входном сечении трубки. В приведенной схеме это достигается поддержанием равной нулю (по микроманометру) разности статических напоров, измеряемых в канале (в точке отбора) и в отборной трубке. Очень важно также правильно выбрать место отбора пыли. При выборе места отбора рекомендуется соблюдать следующие правила: в сечении отбора основной поток должен находиться в установившемся состоянии, в потоке должны отсутствовать обратные токи, отбор желателен производить на вертикальных участках.

Контрольные вопросы:

1. Сколько опытов проводится на каждой нагрузке котлоагрегата?
2. Какие правила рекомендуется соблюдать при выборе места отбора?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;

Практическое занятие № 64

Тема: Определение оптимального положения факела.

Цель работы: Изучить определение оптимального положения факела.

Порядок выполнения работы:

1. Опишите определение оптимального положения факела.

Общие сведения.

Основной целью опытов по определению оптимального положения факела в топке является выявление режимных условий, при которых обеспечивается работа топки с минимальными потерями теплоты, отсутствием шлакования радиационных поверхностей нагрева, обеспечением надежной циркуляции в котле и расчетной температуры перегрева пара.

О положении факела в топке судят по распределению температуры в характерных сечениях топочной камеры по ее высоте. Для этого на высоте топки необходимо иметь равномерно расположенные лючки. Для паровых и водогрейных котлов в зависимости от их мощности достаточно иметь от 30 до 60 лючков, через которые производится измерение температуры.

Температура измеряется отсосными термопреобразователями или пирометрами излучения. Отсосные термопреобразователи используются только при исследованиях, поскольку такие измерения весьма трудоемки. Пирометры излучения не обеспечивают достаточной точности, но позволяют удовлетворительно оценить распределение температуры по объему топочной камеры. Измерение температуры пирометрами излучения требует мало времени (10—40 с). Поэтому при испытании котельных агрегатов для измерения температуры в объеме топки пользуются пирометрами излучения. Из различных типов пирометров излучения чаще все пользуются наиболее удобными в работе оптическими пирометрами с исчезающей нитью, имеющими погрешность $\pm(1,5—2,0)\%$. Однако при измерении температуры в топке при сжигании газа оптические пирометры непригодны, так как спектр излучения в этом случае линейный. Для оценки распределения температуры в объеме топки при сжигании газа возможно применение термопреобразователей с оголенным рабочим концом и без отсоса продуктов горения, но с обязательной градуировкой их по контрольному термопреобразователю.

На котлоагрегатах с пылеугольными топками для выявления оптимального положения факела проводится четыре опыта. Объем измерений зависит от конструкции котлоагрегата, схемы пылеприготовления и типа пылеугольных горелок.

Для паровых и водогрейных котлов промышленных и отопительных котельных обычно применяются пылеугольные топки с прямым вдуванием пыли. В этом случае регулирование положения факела в топке осуществляется изменением распределения только вторичного воздуха, так как изменение расхода первичного воздуха весьма ограничено из-за необходимости поддержания заданной тонкости пыли.

При установке прямоточно-вихревых (улиточных) горелок с рассекающим конусом изменение положения факела достигается воздействием на поток аэросмеси перемещением конуса и степенью крутки вторичного воздуха. При установке эжекционных амбразур положение факела регулируется изменением подачи вторичного воздуха на сопла верхней и нижней пряди.

В пылеугольных топках с сухим шлакоудалением ядро факела должно располагаться на уровне горелок и находиться на одинаковом расстоянии от стен топочной камеры. Желательно, чтобы факел заполнял весь объем топочной камеры, но не опускался ниже середины холодной воронки.

Опыты по выявлению оптимального положения факела проводятся при номинальной или близкой к ней нагрузке с ориентировочно выбранным оптимальным или расчетным коэффициентом избытка воздуха. Тонкость помола пыли также должна быть оптимальной или поддерживаться на уровне расчетной, рекомендуемой для данного топлива (бурые угли и сланцы: Я90 = 40-г - 4-60%, /?200 = 15-35%; каменные угли в зависимости от выхода летучих: Я90 ~ 15-7-40%, #200 == 1»3-г-13%; антрациты и полу - антрациты, тощие угли: = 7-4-15%, /?200 — 0,3-г-1,2%).

Для котлоагрегатов с молотковыми мельницами измеряются следующие величины:

- нагрузка котла;
- расход воды на пароохладитель;
- давление пара и его температура;
- состав продуктов горения (возможно ближе к топке);
- расход первичного воздуха на мельницы и вторичного воздуха на каждую группу установленных сопел;
- давление (разрежение) перед мельницами и соплами вторичного воздуха;
- разрежение по тракту продуктов горения.

Фиксируются номера работающих мельниц и горелок; производится отбор проб топлива и очаговых остатков; измеряется расход электроэнергии на мельницы и тягодутьевые устройства; измеряется температура продуктов горения по газовому тракту и воздуха по воздушному тракту.

Оптимальным является такое положение факела, при котором топочные потери и шлакование топки минимальны, поддерживается номинальная температура перегрева пара (при умеренном расходе воды на пароохладитель) и обеспечиваются надежные условия работы поверхностей нагрева.

При слоевом сжигании твердого топлива на цепных решетках без забрасывателей выбирается оптимальная толщина слоя топлива, скорость движения решетки, распределение воздуха по зонам. При наличии забрасывателей выбирается скорость цепной решетки и распределение воздуха по зонам. Для выбора оптимальной толщины слоя топлива достаточно четырех опытов. В этих опытах определяется также оптимальное распределение воздуха по зонам и скорость цепной решетки. Опыты проводятся при трех-четырёх нагрузках котлоагрегата: номинальной, 75 и 50% номинальной и максимальной. Для котлоагрегатов с цепными решетками и забрасывателями и без них измеряются следующие величины:

нагрузка котлоагрегата;

давление и температура перегретого пара;

температура и давление питательной воды;

состав продуктов горения (возможно ближе к топочной камере);

температура продуктов горения по тазовому тракту и воздуха по воздушному тракту;

толщина слоя топлива на решетке (при отсутствии забрасывателей);

давление воздуха по воздушному тракту и в каждой'зоне решетки;

скорость цепной решетки;

нагрузка по амперметру электродвигателей решетки, дымососа и вентилятора.

Кроме того, производится отбор проб шлака и уноса, уловленного в золоуловителе.

Если котельный агрегат оборудован устройством для возврата уноса и острым дутьем, программа опытов соответственно расширяется.

Оптимальным режимом из серии опытов для данной нагрузки считается режим, при котором сумма потерь теплоты от химической и механической неполноты горения и потерь с уходящими газами имеет минимальное значение.

При сжигании жидкого и газообразного топлива достаточно трех опытов для нахождения оптимального положения факела. Признаками удовлетворительного расположения факела являются следующие: пламя располагается вблизи устья горелок, ядро факела чистое и располагается в средней части топки, в конце факела нет длинных языков и летящих «мушек», факел не затягивается в камеру догорания или в газодыпуск пароперегревателя. Как правило, оптимальное положение факела достигается при равномерном распределении топлива и воздуха по всем горелкам при номинальной или близкой к ней нагрузке. При установке горелок в несколько ярусов следует проверить влияние на температуру перегрева пара различного распределения топлива и воздуха по отдельным ярусам горелок. Оптимальный режим выбирается по минимуму суммы потерь теплоты от химической неполноты горения и потерь с уходящими газами.

Контрольные вопросы:

1. О каком положении факела в топке судят по распределению температуры в характерных сечениях топочной камеры?
2. Какими величинами для котлоагрегатов с цепными решетками и забрасывателями и без них измеряются?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Яшура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Яшура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;

Практическое занятие № 65

Тема: Проведение методики обработки результатов испытаний и составление теплового баланса.

Цель работы: Изучить проведение методики обработки результатов испытаний и составление теплового баланса.

Порядок выполнения работы:

1. Опишите проведение методики обработки результатов испытаний и составление теплового баланса.
2. Дайте определение теплового балансу.
3. Напишите уравнение теплового баланса.
4. Напишите этапы составления теплового баланса.

Общие сведения.

В результате испытаний и обработки опытных данных должны быть получены показатели котельного агрегата и его хвостовых поверхностей нагрева, характеризующие экономичность сжигания топлива, интенсивность работы топочной камеры, поверхностей нагрева, гидравлические сопротивления газового и воздушного тракта.

При обработке результатов испытаний необходимо выполнить теплотехнические расчеты, характеризующие топливо и продукты горения, определить коэффициент избытка воздуха и присосы воздуха в газоходы котла, составить тепловой баланс котельного агрегата с определением отдельных потерь и КПД, составить частные тепловые балансы пароперегревателя, водяного экономайзера и воздухоподогревателя, а также выполнить вспомогательные расчеты.

Вся поступившая в котельный агрегат теплота расходуется на выработку полезной теплоты (в виде пара или горячей воды) и на покрытие тепловых потерь, возникающих в процессе работы; **Тепловым балансом** котельного агрегата называют равенство между поступившей в него теплотой и суммой выработанной полезной теплоты и теплоты, израсходованной на покрытие тепловых потерь. Поступившую в котельный агрегат теплоту называют **располагаемой теплотой**. Располагаемая теплота (в кДж/кг) для твердого и жидкого топлива определяется по формуле

$$Q_{\text{р}} = Q_{\text{н}} + Q_{\text{в}} - Q_{\text{т}} - Q_{\text{к}} \quad (18-17)$$

А для газообразного топлива

$$Q_{\text{р}} = Q_{\text{н}} + Q_{\text{в}} + Q_{\text{т}} \quad (18-18)$$

Где — низшая теплота сгорания рабочей массы твердого или жидкого топлива, кДж/кг; — низшая теплота сгорания сухой массы газообразного топлива, кДж/м³; $Q_{\text{в}}$ — теплота, внесенная в котельный агрегат воздухом при подогреве его вне агрегата отборным паром, отработанным паром или другим теплоносителем, кДж/кг; $Q_{\text{т}}$ — физическая теплота, внесенная топливом, кДж/кг или кДж/м³; $Q_{\text{к}}$ — теплота, вносимая в агрегат при паровом распыле жидкого топлива, кДж/кг; $Q_{\text{т}}$ — теплота, затраченная на разложение карбонатов, учитывается только при сжигании сланцев, кДж/кг;

$$Q_{\text{к}} = \sum Q_{\text{к}} \quad (18-19)$$

$$Q_{\text{т}} = \sum Q_{\text{т}} \quad (18-20)$$

$$Q_{\text{к}} = 0,35 (\sum Q_{\text{к}} - 2530) \quad (18-21)$$

$$Q_{\text{к}} = 40,74/\Gamma (\text{CO}_2)_{\text{г}} \quad (18-22)$$

Здесь p — отношение количества воздуха на входе в котельный агрегат (в воздухоподогреватель) к теоретически необходимому; h , h_0 — теплосодержание теоретически необходимого количества воздуха на входе в котельный агрегат и холодного воздуха, кДж/кг; c — удельная теплоемкость рабочего топлива, кДж/(кг·К) или кДж/(м³·К); t — температура топлива, К; k — коэффициент разложения карбонатов, принимаемый при слоевом сжигании равным 0,7; при камерном 1,0; $(CO_2)_k$ — содержание углекислоты в карбонатах в рабочей массе, %.

Тепловой баланс составляется для установившегося теплового режима испытуемого котельного агрегата на 1 кг твердого и жидкого топлива или на 1 м³ газообразного топлива при нормальных условиях. **Уравнение теплового баланса имеет вид**

$$Q_2 = Q_3 - Q_4 + Q_5 + Q_6 \quad (13-23)$$

Где Q_2 — полезная теплота, выработанная котельным агрегатом, кДж/кг или кДж/м³; Q_3 — потеря теплоты с уходящими продуктами горения, кДж/кг или кДж/м³; Q_4 — потеря теплоты: химической неполноты сгорания, кДж/кг или кДж/м³; Q_5 — потеря теплоты от механической неполноты сгорания, имеет место только при сжигании твердого топлива, кДж/кг; Q_6 — потеря теплоты в окружающую среду (от наружного охлаждения), кДж/кг или кДж/м³; $Q_7 = Q_{вШл} + R_{вохл}$ — потеря теплоты с физическим теплом шлака и потеря на охлаждение не включенных в циркуляционную схему котла панелей и балок ($Q_{вТл}$ имеет место только при сжигании твердого топлива), кДж/кг или кДж/м³.

Составление теплового баланса и расчет отдельных потерь теплоты производится в следующем порядке.

1. По результатам анализа продуктов горения определяется содержание бОшакс;
2. Определяется коэффициент, показывающий увеличение объема продуктов горения вследствие содержания в них избыточного воздуха по отношению к объему сухих продуктов горения в теоретических условиях,
3. Подсчитывается потеря теплоты с уводящими газами (в процентах): если
4. Вычисляется потеря теплоты от химической неполноты горения (в процентах)

Для точного сведения теплового баланса и определения потерь теплоты при сжигании твердого топлива необходимо при испытании взвешивать топливо и очаговые остатки, проводить лабораторный анализ отобранных проб с определением не только теплоты сгорания, влажности и зольности, но и элементарного состава: содержания углерода, водорода, азота и серы (содержание кислорода получают вычитанием, считая, что сумма влаги, золы, углерода, водорода, азота, кислорода и серы в аналитической пробе должна быть равна 100%). При испытании в эксплуатационных условиях серийных котельных агрегатов с целью составления режимных карт для эксплуатационного персонала едва ли целесообразно взвешивание топлива и очаговых остатков, а следовательно, и точное сведение теплового баланса.

Таблица 3

РЕЖИМНАЯ КАРТА Котлоагрегата типа ___ при сжигании ст.№				"Утверждаю" главный инженер" "					
Наименование величин			Разм.	1	2	3	4	5	6
Паропроизводительность			т/ч						
Перегретый пар		Давление	кг/см ²						
		Температура	°С						
Топливо		Расход							
		Давление							
		Температура	°С						
В О З ДУХ	Сопротивление воздухоподогревателя		ЛЕВ.	мм в.ст.					
			ПРАВ	"-					
	Давление воздуха		"-						
	Давление воздуха на горелки		"-						
	Температура воздуха за калорифером		°С						
	Содержание O ₂ за		%						
	Коэффициент избытка воздуха за		-						
Норма работающих горелок			1 ярус						
			2 ярус						
			3 ярус						
Разряжение		В топке		мм в.ст.					
		Перед дымососом	ЛЕВ.	"-					
			ПРАВ	"-					
Температура дымовых газов				°С					
		Уходящих	ЛЕВ.	°С					
			ПРАВ	°С					
Температура питательной воды			°С						
Амперная нагрузка и скорость вращения		ДС	А	а					

электродвигателей		Б	а						
	ДВ	А	а						
		Б	а						
УП Регулирующих клапанов	ДС	А	%						
		Б	%						
	ДВ	А	%						
		Б	%						
Примечания: Начальник Начальник ПТО службы наладки Начальник котельного цеха Руководитель Инженер группы режимов котельной группы Руководитель испытаний									

Контрольные вопросы:

1. Какие показатели могут быть получены в результате испытаний и обработки опытных данных котельного агрегата?
2. Что означает составление режимной карты?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;
4. Ящура, А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования [Текст]: справочник/А.И.Ящура – М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2006 – 504с. с ил.;

Практическое занятие № 66

Тема: Испытание котельного агрегата.

Цель работы: Изучить испытание котельного агрегата.

Порядок выполнения работы:

1. Опишите испытание котельного агрегата.
2. Опишите основные этапы работы по испытанию котельных установок.

Общие сведения.

Испытания котельных установок в эксплуатационных условиях могут иметь различные задачи и выполняться самостоятельно или как часть комплекса исследовательских работ. Независимо от поставленных задач при испытаниях стремятся получить основные параметры, характеризующие надежность и экономичность работы котельной установки. В результате испытаний удается проверить правильность принятых решений, разработать мероприятия, улучшить надежность и экономичность работы данного агрегата, выявить и устранить дефекты в конструкции отдельных узлов, выбрать оптимальные режимы эксплуатации.

В соответствии с ГОСТ 16504—81 «Испытания и контроль качества продукции» Испытания по назначению делятся на исследовательские, контрольные, сравнительные и определительные. В зависимости от этапов разработки конструкции котлоагрегатов и вспомогательного оборудования испытания бывают доводочные, предварительные и приемочные. Применительно к котельным установкам в эксплуатационных условиях наиболее часто проводятся приемочные, режимно-наладочные и контрольные испытания. Приемочные испытания чаще всего проводятся на головных образцах котлоагрегатов для проверки показателей гарантированных поставщиком оборудования. Режимно-наладочные и контрольно-балансовые испытания проводятся на оборудовании принятом в эксплуатацию. Основной целью режимно-наладочных испытаний является выбор оптимальных режимов работы оборудования, а контрольно-балансовых — проверка действующих режимных карт и качества работы обслуживающего персонала.

Испытания паровых котлов производятся в соответствии с ОСТ 108.034—81 «Котлы паровые стационарные. МЕТОДЫ испытаний».

Приемочные, режимно-наладочные и контрольно-балансовые испытания различаются между собой в основном числом опытов и точностью измерения отдельных величин. Этапы работы при этих испытаниях одинаковы.

Основными этапами работы по испытанию котельных установок в промышленных условиях являются:

- А) ознакомление с работой установки и ее проектными данными;
- Б) составление программы и методики испытаний;
- В) подготовительные работы (выдача задания предприятию, комплектование и транспортировка КИП, подготовка агрегата к испытаниям, обучение наблюдателей и подготовка журналов наблюдений);
- Г) прикидочные опыты с целью обучения наблюдателя, проверка КИП и ознакомление с работой агрегата;
- Д) предварительные опыты с целью тарировки сечений, определения присосов воздуха, тарировки мазутных форсунок, измерения скоростей потоков воздуха, выявления диапазонов устойчивой работы газовых горелок, качества работы механизмов топki при сжигании твердого топлива и т. д.;
- Е) наладочные опыты с целью выбора оптимального коэффициента избытка воздуха, положения факела в топочной камере в зависимости от распределения потоков

первичного и вторичного воздуха, числа и сочетания работающих горелок для различных нагрузок агрегата, распределения воздуха по отдельным зонам цепной решетки;

Ж) основные программные опыты;

З) демонтаж, упаковка и транспортировка приборов;

И) обработка результатов измерений и составление сводных таблиц и графиков;

К) составление технического отчета о проведенных испытаниях с разработкой режимной карты и мероприятий, направленных на улучшение работы и повышение экономичности агрегата.

Испытания котельных агрегатов выполняются специализированными организациями в соответствии с хозяйственными договорами, заключаемыми с предприятиями. Испытания могут также выполняться силами предприятия при наличии подготовленного инженерно-технического персонала и необходимого парка контрольно-измерительных приборов.

На каждую работу по испытанию котельного агрегата составляется программа, которая согласовывается с предприятием. Перед составлением программы и методики испытаний необходимо тщательно ознакомиться с работой установки, испытания которой намечено провести. При этом следует подробно изучить проектно-расчетные материалы и установить соответствие проектных решений действительным, проанализировать режимы работы агрегата по журналам эксплуатационных наблюдений, оценить его экономичность по данным отчетности и показаниям эксплуатационных контрольно-измерительных приборов. Следует также ознакомиться с записями в вахтенном журнале об имевших место неполадках и авариях в работе агрегата, проверить регулировочные возможности тягодутьевых устройств.

При составлении программ приемочных, режимно-наладочных и контрольно-балансовых испытаний основное внимание должно быть обращено на выявление экономических показателей работы агрегата. В случае необходимости следует предусматривать опыты, позволяющие изучить не только экономичность работы агрегата, но и отдельные физические процессы. Возможно включение в программу испытаний также и специальных опытов для подробного изучения работы отдельных элементов агрегата, топочного устройства, тепловоспринимающих поверхностей нагрева, тягодутьевых устройств и т. д.

Контрольные вопросы:

1. Что составляется на каждую работу по испытанию котельного агрегата?
2. На что должно быть обращено основное внимание при составлении программ приемочных, режимно-наладочных и контрольно-балансовых испытаний?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;

Практическое занятие № 67

Тема: Испытание тягодутьевых машин и газозвдушного тракта котла.

Цель работы: Изучить испытание тягодутьевых машин и газозвдушного тракта котла.

Порядок выполнения работы:

1. Опишите испытание тягодутьевых машин и газозвдушного тракта котла.
2. Дайте описание остановленного котла.
3. Зарисуйте рис.13-23, 13-24 и дайте им описание.

Общие сведения.

Качество работы тягодутьевых устройств в значительной мере влияет на показатели работы котельного агрегата, поэтому их наладка и испытание, а также выявление сопротивлений газового и воздушного тракта являются весьма существенными в общем комплексе наладочных работ котельных установок.

Испытания тягодутьевых устройств разделяются на **эксплуатационные и полные.**

Эксплуатационные испытания проводятся для выявления соответствия установленных тягодутьевых машин потребности котлоагрегата в тяге и дутье и для определения удельных расходов электроэнергии на тонну вырабатываемого пара. **Полные** испытания тягодутьевых машин проводятся для проверки гарантийных и расчетных параметров, выданных заво – дом-изготовителем. Полные испытания наиболее точно могут быть выполнены на специальном стенде. При установке дымососа (или вентилятора) в тракте полные испытания могут быть проведены только на остановленном котле, но с меньшей точностью, чем на испытательном стенде.

Испытания газового и воздушного тракта проводятся при работе котла и могут быть совмещены с эксплуатационными испытаниями дымососа (или вентилятора). Для построения кривых, характеризующих сопротивление газового и воздушного тракта, испытания обычно проводятся при пяти-шести режимах в возможно более широком диапазоне производительности котельного агрегата.

Для испытаний тягодутьевых машин и газозвдушного тракта необходимо подготовить следующие средства измерений:

пневмо – метрические трубки,

Ч-образные манометры,

наклонные тягомеры,

микроманометр,

барометр,

стеклянные термометры,

термопары со вторичным прибором и переключателем на несколько точек.

Тягодутьевые машины и газозвдушный тракт котельного агрегата до начала испытаний должны быть внимательно осмотрены с последующим устранением выявленных дефектов и неисправностей.

На остановленном котле осматривают: *все шиберы газового и воздушного тракта и их приводы, направляющие аппараты тягодутьевых машин, рабочие лопатки дымососа (или вентилятора), зазоры между рабочим колесом и направляющим воротником всасывающего патрубка дымососа (или вентилятора); проверяют чистоту поверхностей нагрева по тракту продуктов горения.*

Кроме того, до начала испытаний следует устранить все неплотности газового и воздушного тракта. Шибера газового и воздушного тракта должны плотно закрываться, а их крайние положения — соответствовать расположению рукояток

привода. Лопатки направляющих аппаратов дымососа (или вентилятора) при полном открытии должны устанавливаться параллельно геометрической оси потока.

На рис. 13-23, а показана схема расстановки средств измерений при полных испытаниях дымососа, а на рис. 13-23, б — вентилятора на остановленном котле. Измерение расхода продуктов горения (и воздуха) обычно производится пневмометрическими трубками, которые желательно устанавливать на прямых, наиболее длинных участках тракта. При испытании дымососов расход газов следует измерять не ближе чем в 3 м от входа в рабочее колесо или в дымовую трубу.

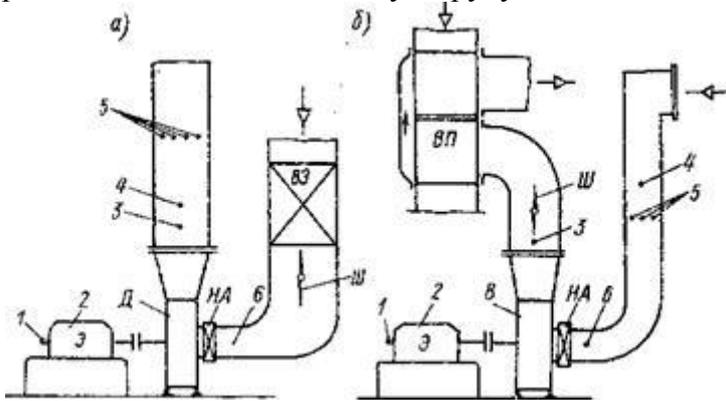


Рис. 13-23. Схема измерений при полных испытаниях тягодутьевых машин: а — дымососа; б — вентилятора 1 — частота вращения электродвигателя; 2 — мощность, потребляемая электродвигателем; 3 — статический напор после дымососа (или вентилятора); 4 — температура воздуха; 5 — расход воздуха; 6 — статический напор перед направляющим аппаратом дымососа (или вентилятора); Э — электродвигатель; д — дымосос; НА — направляющий аппарат; Ш — шибер; ВЭ — водяной экономайзер; ВП — воздухоподогреватель

Измерение расхода при испытании вентилятора наиболее удобно производить во всасывающем воздухопроводе, забирающем воздух из верхних зон котельного цеха. Измерение расхода воздуха после воздухоподогревателя не рекомендуется из-за наличия в последнем утечек. При работе двух вентиляторов на общий тракт и полном испытании одного из вентиляторов второй должен быть отсоединен заглушкой. Изменение производительности машины осуществляется только шибером при полностью открытом направляющем аппарате. Если шибер отсутствует, то его приходится устанавливать на время испытаний, так как при регулировании производительности машины направляющим аппаратом невозможно снять ее напорную характеристику. Это обусловлено тем, что направляющий аппарат расположен в непосредственной близости от рабочего колеса, поэтому правильно измерить статический напор на входе в дымосос (или вентилятор) невозможно. Если измерять статический напор перед направляющим аппаратом, то при регулировании им производительности машины будет измерен напор на всасывающей стороне дымососа (или вентилятора) совместно с сопротивлением направляющего аппарата.

Испытания машины обычно проводятся для 6—8 режимов в возможно более широком диапазоне ее производительности. При испытании дымососов не всегда удается полностью открыть шибер из-за перегрузки электродвигателя вследствие работы дымососа на холодном воздухе. Для каждого режима, создаваемого фиксированным положением шибера, производятся измерения.

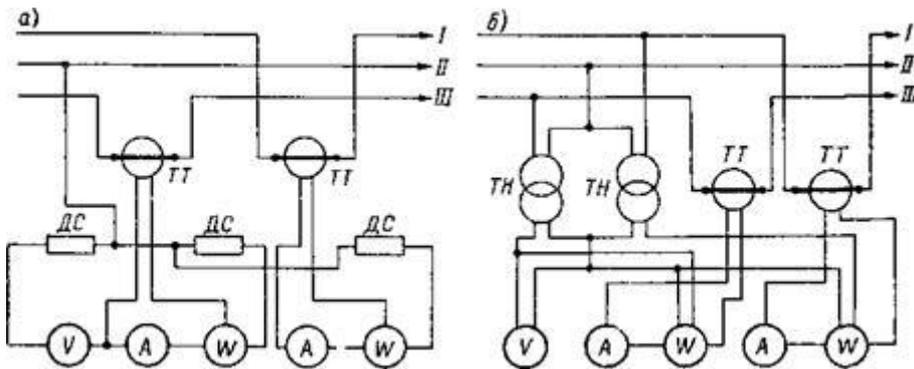


Рис. 13-24. Схема измерения мощности способом двух ваттметров: а — для сети с низким напряжением; б — для сети высокого напряжения ТТ — трансформатор тока; ДС — добавочное сопротивление; ТН — трансформатор напряжения; А — амперметр; V — вольтметр; W — ваттметр

Для измерения мощности, потребляемой электродвигателем, применяют схему двух ваттметров, показанную на рис. 13-24. Для каждого режима отсчет показаний прибора производят через, каждые две минуты. Мощность электродвигателя можно также измерить проверенным счетчиком по числу оборотов якоря за определенное время. Обработка результатов испытания машины заключается в определении для каждого режима ее производительности, полного напора и КПД.

Контрольные вопросы:

1. Какую схему применяют для измерения мощности, потребляемой электродвигателем?
2. В каком режиме проводятся испытания машины?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;

Практическое занятие № 68

Тема: Составление схем измерений при испытании тягодутьевых машин и газовоздушного тракта котла.

Цель работы: Изучить схемы измерений при испытании тягодутьевых машин и газовоздушного тракта котла.

Порядок выполнения работы:

1. Зарисуйте рис 1-4 и дайте их описание.

Общие сведения.

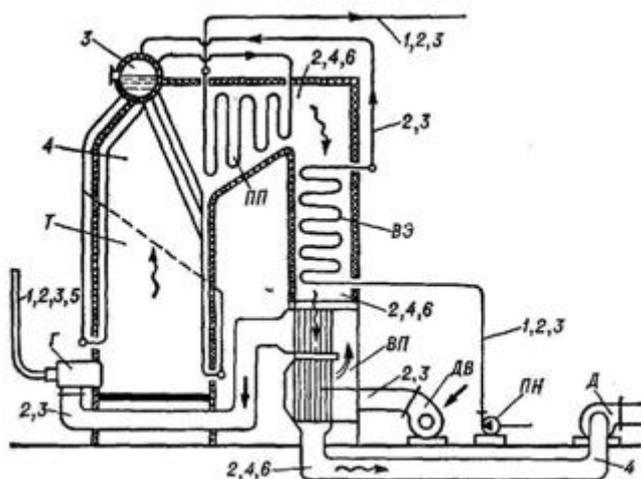


Рис.1 Схема расположения точек измерения контролируемых параметров.

Г -- газовая горелка; Т -- топка; ПП -- пароперегреватель; ВЭ -- экономайзер; ВП -- воздухоподогреватель; ПН -- питательный насос; ДВ -- дутьевой вентилятор; Д -- дымосос; -- расход", 2 -- температура; 3 -- давление; 4 -- разрежение; 5 -- состав газового топлива; 6 -- состав отходящих газов.

Схема теплотехнических измерений (мест измерений) приведена на рис. 1

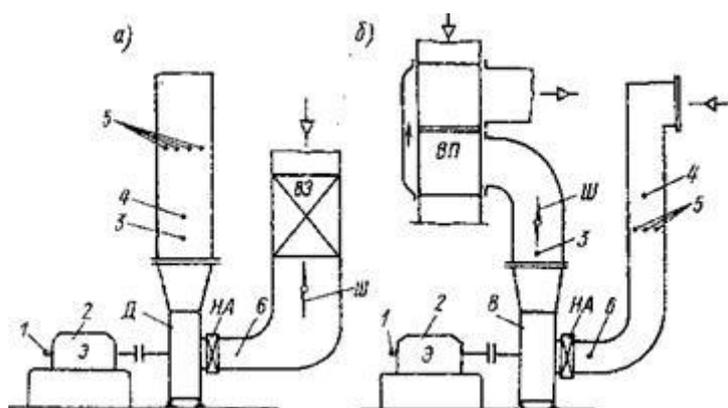


Рис.2 Схема измерений при полных испытаниях тягодутьевых машин

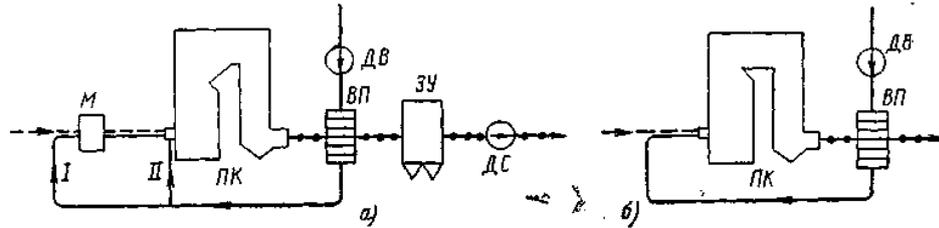


Рис. 19. Схемы газозвудушного тракта.

а — котел с уравновешенной тягой пылеугольной электростанции; б — котел с наддувом газомасутной электростанции; ПК — паровой котел; ВП — воздухоподогреватель; ЗУ — золоуловитель; М — углеразмельная мельница; ДВ — дутьевой вентилятор; ДС — дымосос; — — — топливо; — — — — — воздух; I — первичный воздух; II — вторичный воздух; —●—●—●—●— — продукты сгорания.

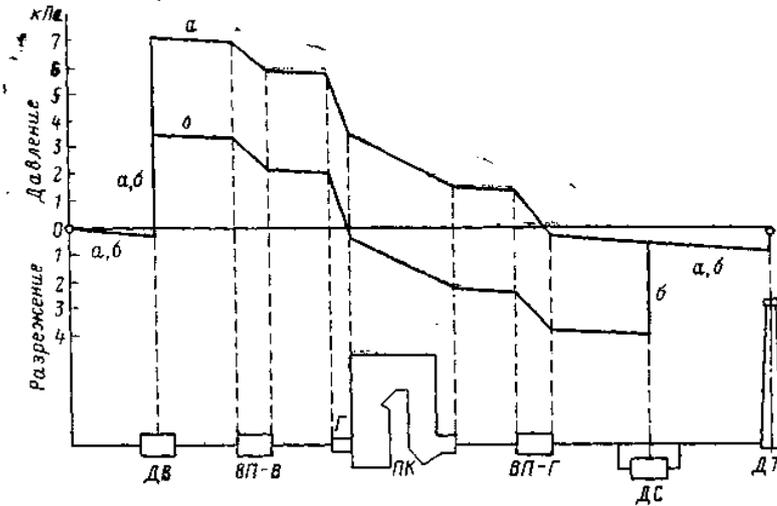


Рис. 1.10. Распределение давления в газозвудушном тракте котельной установки при наддуве (а) и уравновешенной тяге (б).

ДВ — дутьевой вентилятор; ВП-В — воздухоподогреватель (воздушная сторона); Г — горелка; ПК — паровой котел; ВП-Г — воздухоподогреватель (газовая сторона); ДС — дымосос; ДТ — дымовая труба.

Рис.3 Технологическая схема производства пара.

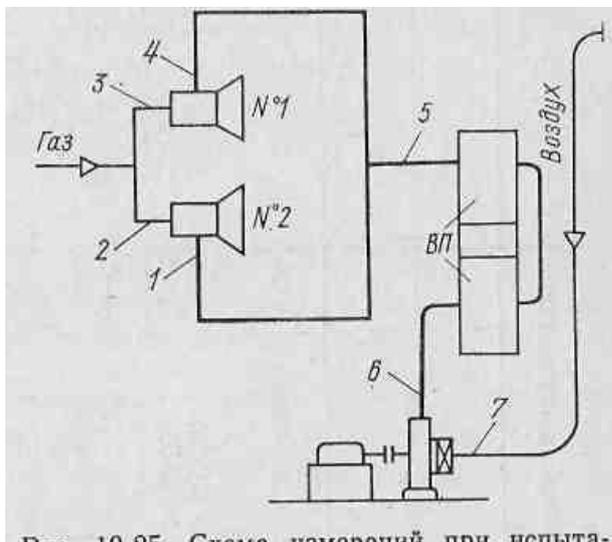


Рис. 10-25. Схема измерений при испытании воздушного тракта котла

1, 4 — расход воздуха и статическое давление перед горелками № 1 и № 2; 2, 3 — давление газа перед горелками № 2 и № 1; 5 — температура и расход воздуха после воздухоподогревателя; 6 — статическое давление воздуха после вентилятора; 7 — статическое давление воздуха перед направляющим аппаратом вентилятора.

Рис. 4 Схема измерений при испытании воздушного тракта котла.

Средства измерений должны быть снабжены необходимыми градуировочными данными, а подлежащие периодической поверке должны иметь соответствующие клейма. Ответственность за подбор и готовность средств измерений возлагается на руководителя испытаний на объекте.

Независимо от того, предназначены ли средства измерений для постоянной эксплуатации или они применяются во время проведения испытаний, необходимо соблюдать условия их установки, правила выполнения измерений и контроля показаний, изложенные в инструкциях по использованию соответствующих средств измерений.

Выбирая место расположения первичных преобразователей (датчиков) и измерительных приборов, следует учитывать доступность и удобство пользования ими. Наиболее желательным является выполнение измерений с дистанционной передачей показаний.

В период проведения испытаний возрастает вероятность утечек газа в связи с временной установкой дополнительных средств измерений. Утечки могут явиться следствием недостаточной внимательности, например, к жидкостным манометрам. Резкие повышения давления могут привести к выбросу рабочей жидкости и свободному выходу газа через прибор. Утечки могут возникнуть через неплотности резиновых соединительных трубок, в местах отбора проб газа и т. п.

Длительность опыта зависит от его назначения. Проведение балансовых опытов следует начинать через 1,5--2 ч после установления стабильного режима. При этом число наблюдений величин, необходимых для составления теплового *баланса* котла, при указанной выше частоте записей составляет не менее 10, что считается достаточным для получения представительных данных. Показания приборов записывают в журналы наблюдений, которые ' выдают каждому наблюдателю. Форма журнала зависит от числа и вида наблюдаемых параметров.

Стабилизация режима работы котла в период проведения опыта обеспечивается подачей в топку определенного количества топлива и воздуха при постоянстве параметров питательной воды или пара на выходе из котла.

В качестве определяющих параметров стабилизации топочного режима при постоянстве числа работающих горелок, их настройки и состава газа служат значения давлений газа и воздуха (степень открытия воздушно-регулирующих устройств) перед горелками, а также разрежения в топке. Использование паромера для контроля режима работы нежелательно в связи с инерционностью его показаний и возможными колебаниями давления пара.

Длительность переходного режима зависит от ряда факторов, из которых основными являются: конструкция котла, эксплуатационное состояние оборудования, первоначальная производительность и размер сброса или подъема производительности. Длительность переходного режима целесообразно устанавливать экспериментально, причем начало нового режима характеризуется стабилизацией температуры отходящих газов за последней теплообменной поверхностью котла.

Поскольку инерционность протекающих процессов при перестройке режима работы котла различна, то выполнение измерений для составления теплового баланса (балансовых опытов) в переходный период недопустимо. Периоды стабилизации, мин (примерно): состав отходящих газов -- 1; температура отходящих газов при изменении б

на 5 % -- 15, при изменении производительности на 25 % -- 30 (за паровым котлом) и 60 за (водогрейным).

Продолжительность режимно-наладочных (прикидочных) опытов связана со стабилизацией только проверяемого параметра и может быть принята равной 30--45 мин. Продолжительность опытов, проводимых на стабильной нагрузке для определения оптимального коэффициента избытка воздуха в отходящих газах, при использовании прибора для определения химической неполноты сгорания, соответствует затратам времени на выполнение двух-трех анализов проб отходящих газов.

Контрольные вопросы:

1. Чему равна продолжительность режимно-наладочных опытов?
2. От каких факторов зависит длительность переходного режима?

Список литературы

1. Соколов Б.А. Устройство и эксплуатация паровых и водогрейных котлов малой и средней мощности [Текст]: учеб. Пособие / Б.А.Соколов – М.: Издательский центр «Академия». – 2008. – 64 с. 23.5 см. – 4 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4102-5
2. Соколов Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности [Текст]: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. заведений / Б.А.Соколов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 128 с. 21 см. – 2 000 экз. – ISBN 978-5-7695-4745-4
3. Тарасюк, В.М. Котельные установки. Эксплуатация котлов [Текст]: практическое пособие для операторов котельной/ В.М.Тарасюк - М.: «Издательство НЦ ЭНАС», 2010 – 272с. с ил.;

НАЛАДКА СХЕМ АВТОМАТИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И СИГНАЛИЗАЦИИ В КОТЕЛЬНОЙ

Наладка автоматики безопасности заключается в проверке правильности взаимодействия всех элементов схемы. Испытание проводят в два этапа — до и после растопки котельного агрегата.

До растопки котла все цепи защиты проверяют непосредственным воздействием на первичные преобразователи (имитируется аварийное значение параметра). Для этого переключателями замыкают контакты всех первичных преобразователей, которые должны быть замкнуты при нормальной работе котла. Клапан-отсекатель в этом случае подтянут.

Затем поочередно, убирая переключатели, имитируют аварийное состояние котла. Клапан-отсекатель при этом обесточен.

При проверке действия каждой защиты обращают внимание на правильность операций, проводимых при срабатывании данной защиты и на четкость определения первопричины срабатывания защиты по появившимся светозвуковым сигналам.

После растопки котла проверяют действия импульсных органов защиты непосредственным изменением контролируемой величины. Проверка осуществляется с действием защит на включение соответствующих светозвуковых сигналов без воздействия на работу оборудования. Необходимо многократно опробовать схемы, чтобы убедиться в четкости и надежности срабатывания контактных групп.

При вводе вновь налаженных технологических защит перед включением их в работу у оперативного персонала должна иметься таблица уставок работы технологических защит и принципиальные схемы автоматики безопасности и сигнализации.

ПУСКОВЫЕ РАБОТЫ В КОТЕЛЬНОЙ

Вначале осматривают каналы для прокладки трубопроводов, которые должны быть надежно перекрыты. Проверяют наличие гибких шлангов для продувки паром мазутопроводов и переносных емкостей для сбора мазута. Осматривают насос: проверяют исправность заземления, наличие защитного кожуха над соединительной муфтой, наличие масла в подшипниках, приводят в рабочее положение предохранительно-перепускной клапан топливных насосов. Убеждаются, что вся арматура на трубопроводах находится в рабочем положении «Закрывается».

Далее подают пар на паровую гребенку мазутонасосной, а от нее — в резервуары топлива и на отопление в резервуары хранения. Открывают воздушники на фильтрах грубой очистки, все запорные органы на всасывающей линии от резервуара хранения до фильтров. При появлении мазута в фильтрах воздушники закрывают. Открывают

запорный орган на входе подающего насоса, запорный орган на нагнетании подающего насоса и все запорные органы трубопровода на участке: подающий насос— котельная — резервуар хранения топлива (для насосов центробежного типа запорный орган на нагнетании оставляют закрытым); открывают обвод, помимо регулятора давления топлива в общей линии котельной.

Проводят кратковременный пуск насоса, убеждаются в отсутствии задеваний и вибраций. Запускают насос в работу, контролируя по манометру развиваемое им давление. В случае повышения давления сверх допустимого останавливают насос и выясняют причину. При закупорке трубопровода предусматривают поучастковую продувку паром, после чего повторно запускают насос.

После подачи мазута в котельную регулируют давление в общей линии перед котлами до величины, необходимой для розжига форсунок. Подают пар на мазуто-подогреватель, устанавливают температуру мазута не ниже 80...90° С.

После пуска комплексно опробуют оборудование топливного хозяйства вместе с котлоагрегатами в течение 72 ч непрерывной работы. Результаты пусковых работ по оборудованию топливного хозяйства записывают в ведомость дефектов и акт комплексного опробования. В ходе пусковых работ опробуют резервное оборудование.