

## «Тепловые сети. Потери тепловой энергии при передаче. Тепловая изоляция.»

Выполнил: Дзюба А.В. студент.

Кафедра « Промышленная теплоэнергетика»

### Содержание

1. Тепловые сети. 3
2. Потери тепловой энергии при передаче. 6
  - 2.1. Источники потерь. 7
3. Тепловая изоляция. 12
  - 3.1. Теплоизоляционные материалы. 13
4. Список используемой литературы. 17

#### 1. Тепловые сети.

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

Основными элементами тепловых сетей являются трубопровод, состоящий из стальных труб, соединенных между собой с помощью сварки, изоляционная конструкция, предназначенная для защиты трубопровода от наружной коррозии и тепловых потерь, и несущая конструкция, воспринимающая вес трубопровода и усилия, возникающие при его эксплуатации.

Наиболее ответственными элементами являются трубы, которые должны быть достаточно прочными и герметичными при максимальных давлениях и температурах теплоносителя, обладать низким коэффициентом температурных деформаций, малой шероховатостью внутренней поверхности, высоким термическим сопротивлением стенок, способствующим сохранению теплоты, неизменностью свойств материала при длительном воздействии высоких температур и давлений.

Снабжение теплотой потребителей (систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и технологических процессов) состоит из трех взаимосвязанных процессов: сообщения теплоты теплоносителю, транспорта теплоносителя и использования теплового потенциала теплоносителя.

Системы теплоснабжения классифицируются по следующим основным признакам: мощности, виду источника теплоты и виду теплоносителя.

По мощности системы теплоснабжения характеризуются дальностью передачи теплоты и числом потребителей. Они могут быть местными и централизованными. Местные системы теплоснабжения - это системы, в которых три основных звена объединены и находятся в одном или смежных помещениях. При этом получение теплоты и передача ее воздуху помещений объединены в одном устройстве и расположены в отапливаемых помещениях (печи). Централизованные системы, в которых от одного источника теплоты подается теплота для многих помещений.

По виду источника теплоты системы централизованного теплоснабжения разделяют на районное теплоснабжение и теплофикацию. При системе районного теплоснабжения источником теплоты служит районная котельная, теплофикации-ТЭЦ.

По виду теплоносителя системы теплоснабжения делятся на две группы: водяные и паровые.

Теплоноситель - среда, которая передает теплоту от источника теплоты к нагревательным приборам систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Теплоноситель получает теплоту в районной котельной (или ТЭЦ) и по наружным трубопроводам, которые носят название тепловых сетей, поступает в системы отопления, вентиляции промышленных, общественных и жилых зданий. В нагревательных приборах, расположенных внутри зданий, теплоноситель отдает часть аккумулированной в нем теплоты и отводится по специальным трубопроводам обратно к источнику теплоты.

В водяных системах теплоснабжения теплоносителем служит вода, а в паровых - пар. В Беларуси для городов и жилых районов используются водяные системы теплоснабжения. Пар применяется на промышленных площадках для технологических целей.

Системы водяных теплопроводов могут быть однотрубными и двухтрубными(в отдельных случаях многотрубными). Наиболее распространенной является двухтрубная система теплоснабжения (по одной трубе подается горячая вода потребителю, по другой, обратной, охлажденная вода возвращается на ТЭЦ или в котельную). Различают открытую и закрытую системы теплоснабжения. В открытой системе осуществляется "непосредственный водоразбор", т.е. горячая вода из подающей сети разбирается потребителями для хозяйственных, санитарно - гигиенических нужд. При полном использовании горячей воды может быть применена

однотрубная система. Для закрытой системы характерно почти полное возвращение сетевой воды на ТЭЦ (или районную котельную).

К теплоносителям систем централизованного теплоснабжения предъявляются следующие требования: санитарно-гигиенические (теплоноситель не должен ухудшать санитарные условия в закрытых помещениях - средняя температура поверхности нагревательных приборов не может превышать 70-80), технико-экономические (чтобы стоимость транспортных трубопроводов была наименьшей, масса нагревательных приборов - малой и обеспечивался минимальный расход топлива для нагрева помещений) и эксплуатационные (возможность центральной регулировки теплоотдачи систем потребления в связи с переменными температурами наружного воздуха).

Направление теплопроводов выбирается по тепловой карте района с учетом материалов геодезической съемки, плана существующих и намечаемых надземных и подземных сооружений, данных о характеристике грунтов и т. д. Вопрос о выборе типа теплопровода (надземный или подземный) решается с учетом местных условий и технико-экономических обоснований.

При высоком уровне грунтовых и внешних вод, густоте существующих подземных сооружений на трассе проектируемого теплопровода, сильно пересеченной оврагами и железнодорожными путями в большинстве случаев предпочтение отдается надземным теплопроводам. Они также чаще всего применяются на территории промышленных предприятий при совместной прокладке энергетических и технологических трубопроводов на общих эстакадах или высоких опорах.

В жилых районах из архитектурных соображений обычно применяется подземная кладка тепловых сетей. Стоит сказать, что надземные теплопроводные сети долговечны и ремонтпригодны, по сравнению с подземными. Поэтому желательно изыскание хотя бы частичного использования подземных теплопроводов.

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

В целях безопасности и надежности теплоснабжения, прокладка сетей не ведется в общих каналах с кислородопроводами, газопроводами, трубопроводами сжатого воздуха с давлением выше 1,6 МПа. 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 требующих камер сокращается при применении сильфонных или линзовых компенсаторов, а также осевых компенсаторов с большим ходом (сдвоенных компенсаторов), естественной компенсации температурных деформаций.

На не проезжей части допускаются выступающие на поверхность земли перекрытия камер и вентиляционных шахт на высоту 0,4 м. Для облегчения опорожнения (дренажа) теплопроводов, их прокладывают с уклоном к горизонту. Для защиты паропровода от попадания конденсата из конденсатопровода в период остановки паропровода или падения давления пара после конденсатоотводчиков должны устанавливаться обратные клапаны или затворы.

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

## **2. Потери тепловой энергии при передаче.**

Для оценки эффективности работы любой системы, в том числе теплоэнергетической, обычно используется обобщенный физический показатель, - коэффициент полезного действия (КПД). Физический смысл КПД - отношение величины полученной полезной работы (энергии) к затраченной. Последняя, в свою очередь, представляет собой сумму полученной полезной работы (энергии) и потерь, возникающих в системных процессах. Таким образом, увеличения КПД системы (а значит и повышения ее экономичности) можно достигнуть только снижением величины непроизводительных потерь, возникающих в процессе работы. Это и является главной задачей энергосбережения.

Основной же проблемой, возникающей при решении этой задачи, является выявление наиболее крупных составляющих этих потерь и выбор оптимального технологического решения, позволяющего значительно снизить их влияние на величину КПД. Причем каждый конкретный объект (цель энергосбережения) имеет ряд характерных конструктивных особенностей и составляющие его тепловых потерь различны по величине. И всякий раз, когда речь заходит о повышении экономичности работы теплоэнергетического оборудования (например, системы отопления), перед принятием решения в пользу использования какого-нибудь технологического новшества, необходимо обязательно провести детальное обследование самой системы и выявить наиболее существенные каналы потерь энергии. Разумным решением будет использование только таких технологий, которые существенно снизят наиболее крупные непроизводительные составляющие

потерь энергии в системе и при минимальных затратах значительно повысят эффективность ее работы.

## **2.1 Источники потерь.**

Любую теплоэнергетическую систему с целью анализа можно условно разбить на три основных участка:

1. участок производства тепловой энергии (котельная);
2. участок транспортировки тепловой энергии потребителю (трубопроводы тепловых сетей);
3. участок потребления тепловой энергии (отапливаемый объект).

Каждый из приведенных участков обладает характерными непроизводительными потерями, снижение которых и является основной функцией энергосбережения. Рассмотрим каждый участок в отдельности.

### **1. Участок производства тепловой энергии. Существующая котельная.**

Главным звеном на этом участке является котлоагрегат, функциями которого является преобразование химической энергии топлива в тепловую и передача этой энергии теплоносителю. В котлоагрегате происходит ряд физико-химических процессов, каждый из которых имеет свой КПД. И любой котлоагрегат, каким бы совершенным он не был, обязательно теряет часть энергии топлива в этих процессах. Упрощенно схема этих процессов изображена на рисунке.

На участке производства тепловой энергии при нормальной работе котлоагрегата всегда существуют три вида основных потерь: с недожогом топлива и уходящими газами (обычно не более 18%), потери энергии через обмуровку котла (не более 4%) и потери с продувкой и на собственные нужды котельной (около 3%). Указанные цифры тепловых потерь приблизительно близки для нормального не нового отечественного котла (с КПД около 75%). Более совершенные современные котлоагрегаты имеют реальный КПД около 80-85% и стандартные эти потери у них ниже. Однако они могут дополнительно возрастать:

- Если своевременно и качественно не проведена режимная наладка котлоагрегата с инвентаризацией вредных выбросов, потери с недожогом газа могут увеличиваться на 6-8 %;
- Диаметр сопел горелок, установленных на котлоагрегате средней мощности обычно не пересчитывается под реальную нагрузку котла. Однако подключенная к котлу нагрузка отличается от той, на которую рассчитана

горелка. Это несоответствие всегда приводит к снижению теплоотдачи от факелов к поверхностям нагрева и возрастанию на 2-5% потерь с химическим недожогом топлива и уходящими газами;

- Если чистка поверхностей котлоагрегатов производится, как правило, один раз в 2-3 года, это снижает КПД котла с загрязненными поверхностями на 4-5% за счет увеличения на эту величину потерь с уходящими газами. Кроме того, недостаточная эффективность работы системы химводоочистки (ХВО) приводит к появлению химических отложений (накипи) на внутренних поверхностях котлоагрегата значительно снижающих эффективность его работы.

- Если котел не оборудован полным комплектом средств контроля и регулирования (паромерами, теплосчетчиками, системами регулирования процесса горения и тепловой нагрузки) или если средства регулирования котлоагрегата настроены неоптимально, то это в среднем дополнительно снижает его КПД на 5%.

- При нарушении целостности обмуровки котла возникают дополнительные присосы воздуха в топку, что увеличивает потери с недожогом и уходящими газами на 2-5%

- Использование современного насосного оборудования в котельной позволяет в два-три раза снизить затраты электроэнергии на собственные нужды котельной и снизить затраты на их ремонт и обслуживание.

- На каждый цикл "Пуск-останов" котлоагрегата тратится значительное количество топлива. Идеальный вариант эксплуатации котельной - ее непрерывная работа в диапазоне мощностей, определенном режимной картой. Использование надежной запорной арматуры, высококачественной автоматики и регулирующих устройств позволяет минимизировать потери, возникающие из-за колебаний мощности и возникновения нештатных ситуаций в котельной.

Перечисленные выше источники возникновения дополнительных потерь энергии в котельной не являются явными и прозрачными для их выявления. Например, одна из основных составляющих этих потерь - потери с недожогом, могут быть определены только с помощью химического анализа состава уходящих газов. В то же время увеличение этой составляющей может быть вызвано целым рядом причин: не соблюдается правильное соотношение смеси топливо-воздух, имеются неконтролируемые присосы воздуха в топку котла, горелочное устройство работает в неоптимальном режиме др.

Таким образом, постоянные неявные дополнительные потери только при производстве тепла в котельной могут достигать величины 20-25%!

## **2. Потери тепла на участке его транспортировки к потребителю. Существующие трубопроводы теплосетей.**

Обычно тепловая энергия, переданная в котельной теплоносителю, поступает в теплотрассу и следует на объекты потребителей. Величина КПД данного участка обычно определяется следующим:

- КПД сетевых насосов, обеспечивающих движение теплоносителя по теплотрассе;
- потерями тепловой энергии по длине теплотрасс, связанными со способом укладки и изоляции трубопроводов;
- потерями тепловой энергии, связанными с правильностью распределения тепла между объектами-потребителями, т.н. гидравлической настроенностью теплотрассы;
- периодически возникающими во время аварийных и нештатных ситуаций утечками теплоносителя.

При разумно спроектированной и гидравлически налаженной системе теплотрасс, удаление конечного потребителя от участка производства энергии редко составляет больше 1,5-2 км и общая величина потерь обычно не превышает 5-7%. Однако:

- использование отечественных мощных сетевых насосов с низким КПД практически всегда приводит к значительным непроизводительным перерасходам электроэнергии.
- при большой протяженности трубопроводов теплотрасс значительное влияние на величину тепловых потерь приобретает качество тепловой изоляции теплотрасс.
- гидравлическая налаженность теплотрассы является основополагающим фактором, определяющим экономичность ее работы. Подключенные к теплотрассе объекты теплоснабжения должны быть правильно сбалансированы таким образом, чтобы тепло распределялось по ним равномерно. В противном случае тепловая энергия перестает эффективно использоваться на объектах потребления и возникает ситуация с возвращением части тепловой энергии по обратному трубопроводу на котельную. Помимо снижения КПД котлоагрегатов это вызывает ухудшение качества отопления в наиболее отдаленных по ходу теплосети зданиях.
- если вода для систем горячего водоснабжения (ГВС) подогревается на расстоянии от объекта потребления, то трубопроводы трасс ГВС обязательно должны быть выполнены по циркуляционной схеме. Присутствие тупиковой

схемы ГВС фактически означает, что около 35-45% тепловой энергии, идущей на нужды ГВС, затрачивается впустую.

Обычно потери тепловой энергии в теплотрассах не должны превышать 5-7%. Но фактически они могут достигать величины в 25% и выше!

### **3. Потери на объектах потребителей тепла. Системы отопления и ГВС существующих зданий.**

Наиболее существенными составляющими тепловых потерь в теплоэнергетических системах являются потери на объектах-потребителях. Наличие таковых не является прозрачным и может быть определено только после появления в теплопункте здания прибора учета тепловой энергии, т.н. теплосчетчика. Опыт работы с огромным количеством отечественных тепловых систем, позволяет указать основные источники возникновения непроизводительных потерь тепловой энергии. В самом распространенном случае таковыми являются потери:

- в системах отопления связанные с неравномерным распределением тепла по объекту потребления и нерациональностью внутренней тепловой схемы объекта (5-15%);
- в системах отопления связанные с несоответствием характера отопления текущим погодным условиям (15-20%);
- в системах ГВС из-за отсутствия рециркуляции горячей воды теряется до 25% тепловой энергии;
- в системах ГВС из-за отсутствия или неработоспособности регуляторов горячей воды на бойлерах ГВС (до 15% нагрузки ГВС);
- в трубчатых (скоростных) бойлерах по причине наличия внутренних утечек, загрязнения поверхностей теплообмена и трудности регулирования (до 10-15% нагрузки ГВС).

Общие неявные непроизводительные потери на объекте потребления могут составлять до 35% от тепловой нагрузки!

Главной косвенной причиной наличия и возрастания вышеперечисленных потерь является отсутствие на объектах теплопотребления приборов учета количества потребляемого тепла. Отсутствие прозрачной картины потребления тепла объектом обуславливает вытекающее отсюда недопонимание значимости принятия на нем энергосберегающих мероприятий.

### **3. Тепловая изоляция**



Теплоизоляция, тепловая изоляция, термоизоляция, защита зданий, тепловых промышленных установок (или отдельных их узлов), холодильных камер, трубопроводов и прочего от нежелательного теплового обмена с окружающей средой. Так, например, в строительстве и теплоэнергетике теплоизоляция необходима для уменьшения тепловых потерь в окружающую среду, в холодильной и криогенной технике - для защиты аппаратуры от притока тепла извне. Теплоизоляция обеспечивается устройством специальных ограждений, выполняемых из теплоизоляционных материалов (в виде оболочек, покрытий и т. п.) и затрудняющих теплопередачу; сами эти теплозащитные средства также называются теплоизоляцией. При преимущественном конвективном теплообмене для теплоизоляции используют ограждения, содержащие слои материала, непроницаемого для воздуха; при лучистом теплообмене - конструкции из материалов, отражающих тепловое излучение (например, из фольги, металлизированной лавсановой плёнки); при теплопроводности (основной механизм переноса тепла) - материалы с развитой пористой структурой.

Эффективность теплоизоляции при переносе тепла теплопроводностью определяется термическим сопротивлением ( $R$ ) изолирующей конструкции. Для однослойной конструкции  $R=d/l$ , где  $d$  - толщина слоя изолирующего материала,  $l$  - его коэффициент теплопроводности. Повышение эффективности теплоизоляции достигается применением высокопористых материалов и устройством многослойных конструкций с воздушными прослойками.

Задача теплоизоляции зданий - снизить потери тепла в холодный период года и обеспечить относительное постоянство температуры в помещениях в течение суток при колебаниях температуры наружного воздуха. Применяя для тепловой изоляции эффективные теплоизоляционные материалы, можно существенно уменьшить толщину и снизить массу ограждающих конструкций и таким образом сократить расход основных строительных материалов (кирпича, цемента, стали и др.) и увеличить допустимые размеры сборных элементов.

В тепловых промышленных установках (промышленных печах, котлах, автоклавах и т. п.) теплоизоляция обеспечивает значительную экономию топлива, способствует увеличению мощности тепловых агрегатов и повышению их КПД, интенсификации технологических процессов, снижению расхода основных материалов. Экономическую эффективность теплоизоляции в промышленности часто оценивают коэффициентом сбережения тепла  $h = (Q_1 - Q_2)/Q_1$  (где  $Q_1$  - потери тепла установкой без теплоизоляции, а  $Q_2$  - с теплоизоляцией). Теплоизоляция промышленных установок, работающих при высоких температурах, способствует также созданию нормальных санитарно-гигиенических условий труда

обслуживающего персонала в горячих цехах и предотвращению производственного травматизма.

### 3.1 Теплоизоляционные материалы

Основные области применения теплоизоляционных материалов -- изоляция ограждающих строительных конструкций, технологического оборудования (промышленных печей, тепловых агрегатов, холодильных камер и т. д.) и трубопроводов.

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 ( $\text{pH} > 8,5$ );
- достаточная механическая прочность.

Основными требованиями для теплоизоляционных материалов паропроводов электростанций и котельных являются низкая теплопроводность и высокая термостойкость. 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.

Различают жёсткие (плиты, блоки, кирпич, скорлупы, сегменты и др.), гибкие (маты, матрацы, жгуты, шнуры и др.), сыпучие (зернистые, порошкообразные) или волокнистые теплоизоляционные материалы. По виду основного сырья их подразделяют на органические, неорганические и смешанные.

Органические в свою очередь делятся на органические естественные и органические искусственные. К органическим естественным материалам относятся материалы, получаемые переработкой неделовой древесины и отходов деревообработки (древесноволокнистые плиты и древесностружечные плиты), сельскохозяйственных отходов (соломит, камышит и др.), торфа (торфоплиты) и др. местного органического сырья. Эти теплоизоляционные материалы, как правило, отличаются низкой водо- и биостойкостью. Указанных недостатков лишены органические искусственные материалы. Очень перспективными материалами этой подгруппы являются пенопласты, получаемые путем вспенивания синтетических смол. Пенопласты имеют мелкие замкнутые поры и этим отличаются от поропластов - тоже вспененных пластмасс, но имеющих соединяющиеся поры и поэтому неиспользуемые в качестве теплоизоляционных материалов. В зависимости от рецептуры и характера технологического процесса изготовления пенопласты могут быть жесткими, полужесткими и эластичными с порами необходимого размера; изделиям могут быть приданы желаемые свойства (например, уменьшена горючесть). Характерная особенность большинства органических теплоизоляционных материалов -- низкая огнестойкость, поэтому их применяют обычно при температурах не выше 150 °С.

Более огнестойки материалы смешанного состава (фибrolит, арболит и др.), получаемые из смеси минерального вяжущего вещества и органического наполнителя (древесные стружки, опилки и т. п.).

Неорганические материалы. Представителем этой подгруппы является алюминиевая фольга (альфоль). Она применяется в виде гофрированных листов, уложенных с образованием воздушных прослоек. Достоинством этого материала является высокая отражательная способность, уменьшающая лучистый теплообмен, что особенно заметно при высоких температурах. Другими представителями подгруппы неорганических материалов являются искусственные волокна: минеральная, шлаковая и стеклянная вата. Средняя толщина минеральной ваты 6-7 мкм, средний коэффициент теплопроводности  $\lambda=0,045$  Вт/(м\*К). Эти материалы не горючи, не проходимы для грызунов. Они имеют малую гигроскопичность (не более 2%), но большое водопоглощение (до 600%).

Лёгкие и ячеистые бетоны (главным образом газобетон и пенобетон), пеностекло, стеклянное волокно, изделия из вспученного перлита и др.

Неорганические материалы, используемые в качестве монтажных, изготавливают на основе асбеста (асбестовые картон, бумага, войлок), смесей асбеста и минеральных вяжущих веществ (асбестодиатомовые, асбестоизвестковокремнезёмистые, асбестоцементные изделия) и на основе вспученных горных пород (вермикулита, перлита).

Для изоляции промышленного оборудования и установок, работающих при температурах выше 1000 °С (например, металлургических, нагревательных и др. печей, топок, котлов и т. д.), применяют так называемые легковесные огнеупоры, изготавливаемые из огнеупорных глин или высокоогнеупорных окислов в виде штучных изделий (кирпичей, блоков различного профиля). Перспективно также использование волокнистых материалов теплоизоляции из огнеупорных волокон и минеральных вяжущих веществ (коэффициент их теплопроводности при высоких температурах в 1,5--2 раза ниже, чем у традиционных).

Таким образом, имеется большое количество теплоизоляционных материалов, из которых может осуществляться выбор в зависимости от параметров и условий эксплуатации различных установок, нуждающихся в теплозащите.

#### **Список используемой литературы.**

1. Андриюшенко А.И., Аминов Р.З., Хлебалин Ю.М. «Теплофикационные установки и их использование». М. : Высш. школа, 1983.
2. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. «Теплопередача». М.:энергоиздат,1981.
3. Р.П. Грушман «Что нужно знать теплоизолировщику». Ленинград; Стройиздат, 1987.
4. Соколов В. Я. «Теплофикация и тепловые сети» Издательство М.: Энергия, 1982.
5. Тепловое оборудование и тепловые сети. Г.А. Арсеньев и др. М.: Энергоатомиздат, 1988.
6. «Теплопередача» В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. Москва; Энергоиздат, 1981.