

Федеральное агентство по образованию РФ  
Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
Красноярский государственный технический университет

**Е.А. Бойко**

# **МЕТОДЫ ТЕПЛО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

(учебное пособие)

Красноярск 2005

## Содержание

1. Учебная цель .....	
1.1. Концепция, основные термины .....	
2. Содержание учебного раздела.....	
2.1. Основные положения.....	
2.2. Основные резервы экономии энергоресурсов.....	
2.2.1. Транспортировка теплоносителя .....	
2.2.2. Организация достоверного учета теплоносителя .....	
2.2.3. Регулирование параметров теплоносителя.....	
2.2.4. Организация сбора и возврата конденсата .....	
2.2.5. Снижение прямых потерь теплоносителя.....	
2.2.6. Снижение нерационально используемого тепла.....	
2.2.7. Использование вторичных энергоресурсов	
3. Резюме .....	
4. Контрольные вопросы.....	

## 1. УЧЕБНАЯ ЦЕЛЬ

Целью обучения является ознакомление оперативного персонала ТЭС с резервами экономии энергоресурсов и методам теплосбережения.

### 1.1. Концепция, основные термины

Доля энергозатрат в производстве продукции энергоемких промышленных предприятий, например нефтепереработки составляет около 25%. Здесь заложен колоссальный резерв снижения себестоимости продукции, что имеет большое значение для экономической политики промпредприятия.

**Системы теплоснабжения** – комплекс теплоснабжающих установок с соединительными трубопроводами и тепловыми сетями, которые предназначены для удовлетворения одного или нескольких видов тепловой нагрузки (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение, технологические нужды).

**Теплоснабжающая установка** – комплекс устройств, использующих теплоту на цели отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, обогрева трубопроводов и технологические нужды.

**Тепловая сеть** – совокупность устройств, предназначенных для передачи тепловой энергии потребителям.

**Теплоноситель** – среда, при помощи которой происходит доставка тепловой энергии к потребителю (водяной пар – в системе пароснабжения, вода – в системе теплофикации).

**Закрытая водяная система теплоснабжения** – водяная система теплоснабжения, в которой вода, циркулирующая в тепловой сети, используется только как теплоноситель и из сети не отбирается. На нужды горячего водоснабжения используется вода из системы водоснабжения, подогреваемая в теплообменниках (бойлерах).

**Открытая водяная система теплоснабжения** – водяная система теплоснабжения, в которой вода, циркулирующая в тепловой сети, частично или полностью отбирается из системы потребителями воды.

**Отопление помещений** – совокупность теплотехнического оборудования (трубопроводы и нагревательные приборы), позволяющего поддерживать температуру внутри помещения в соответствии с санитарными нормами.

**Вентиляция** – совокупность оборудования (вентилятор, воздухопроводы, калориферная установка), позволяющего поддерживать параметры воздуха внутри помещения в соответствии с санитарными нормами.

**Калориферная установка** – часть вентиляционного оборудования, в котором происходит теплообмен между теплоносителем и проходящим через калорифер воздухом, поступающим в помещение.

**Горячее водоснабжение** – совокупность оборудования (трубопроводы, бойлер, водоразборные краны, душевые сетки), позволяющие использовать горячую воду на технические и бытовые нужды.

**Система обогревов** – трубопроводы, прокладываемые совместно с технологическими трубопроводами (спутники), поддерживающие определенную

температуру под изоляцией, а также трубопроводы, обогревающие приборы и ящики КИП и арматуру, предотвращающие их размораживание.

#### **Технологические потребители тепла**

- отпарные, ректификационные, стрепенговые и другие технологические колонны;
- паровые насосы;
- теплообменные аппараты;
- пропарочные, сушильные установки;
- паровые молоты;
- форсунки технологических печей на распыл жидкого топлива;
- системы пожаротушения.

**Теплообменные аппараты** – технологическое оборудование, в котором происходит теплообмен между теплоносителем и нагреваемой средой.

**Паровой котел** – агрегат, в котором из питательной, химически очищенной воды (ХОВ) под действием тепла сжигания топлива (газ или мазут) образуется пар с заданными параметрами.

**Котел-утилизатор** – паровой котел, в котором для получения пара используется (утилизируется) тепло горячих газов после технологических процессов.

**Пароперегреватель** – устройство котла, в котором насыщенный пар под действием дополнительного тепла получает заданный перегрев, т.е. приобретает температуру выше температуры насыщенного пара при заданном давлении.

**Насыщенный пар** – пар, температура которого соответствует температуре кипения воды при данном давлении. Например, температура пара с абсолютным давлением: 1 кг/см<sup>2</sup> всегда равна 100°С, 10 кг/см<sup>2</sup> - 180 °С, 16 кг/см<sup>2</sup> – 201 °С. При отводе тепла насыщенный пар конденсируется при неизменной температуре. Снижение температуры начинается только после полной конденсации насыщенного пара.

**Перегретый пар** – если к насыщенному пару под определенным постоянным давлением подводить теплоту, то температура его будет возрастать, пар становится перегретым. Разность между температурой перегретого пара и насыщенного пара при одинаковом давлении называется степенью перегрева. При отводе тепла происходит обратный процесс, т.е. снижается температура без конденсации пара и снижения давления. Чем выше степень перегрева, тем больше перегретый пар по своим свойствам приближается к газу, тем ниже коэффициент сопротивления. В связи с этим потери тепла в паропроводах при транспортировке перегретого пара в 2-3 раза ниже, чем при транспортировке насыщенного пара.

**Отработанный (мятый) пар** – пар, после использования в паровых насосах, но еще имеющий параметры насыщенного пара.

**Паровой конденсат** – при полном использовании теплоты (скрытой теплоты парообразования) пар переходит в состояние жидкости (парового конденсата) с температурой кипения воды при данном давлении.

**Пар вторичного вскипания** – горячий конденсат с определенным давлением, попадающий в пространство с меньшим давлением, вскипает и превращается в пар вторичного вскипания. Количество пара вторичного вскипания зависит от разности давлений, например, при разности давлений в  $5 \text{ кг/см}^2$  16% конденсата превращается в пар, при  $10 \text{ кг/см}^2$  – 21%.

**«Пролетный пар»** – если в теплопотребляющей установке происходит неполный отбор теплоты пара, пар не конденсируется или конденсируется не полностью, после теплопотребляющей установки выходит пролетный пар, имеющий высокие параметры. С пролетным паром теряется большое количество тепла, попадая в конденсатные сети, пролетный пар приводит к гидравлическим ударам и разрушению арматуры и трубопроводов.

**Конденсатоотводчик** – оборудование пароконденсатной сети, позволяющее отводить из теплопотребляющей установки образующийся конденсат и перекрывать выход при поступлении пролетного пара.

**Регулирование системы теплоснабжения** – в зависимости от температуры наружного воздуха, а также заданных параметров у потребителей, система теплоснабжения подвергается регулированию, т.е. изменению температуры, давления и расхода теплоносителя.

**Качественное регулирование** – регулирование, связанное с изменением параметров теплоносителя.

**Количественное регулирование** – регулирование, связанное с изменением расхода теплоносителя.

**Дроссельная шайба** – устройство для количественного регулирования (заглушка с отверстием в центре), устанавливается во фланцевое соединение, имеет расчетный диаметр дроссельного отверстия, ограничивает расход теплоносителя и создает искусственное гидравлическое сопротивление.

**Клапан – регулятор** – производит регулирование давления теплоносителя на входе в теплопотребляющую установку в зависимости от заданных параметров (например, от температуры выхода нагреваемой среды в теплообменнике).

**График температурного регулирования** – регулирование систем теплофикационной воды в зависимости от температуры наружного воздуха происходит на центральном тепловом пункте в соответствии с разработанным графиком, в котором для каждого значения температуры наружного воздуха определена температура подаваемой и возвращаемой теплофикационной воды. Соблюдение графика температурного регулирования обязательно, как для поставщика, так и для потребителей теплофикационной воды.

**Тепловой пункт** – комплекс устройств для присоединения систем теплопотребления к тепловым сетям и распределения теплоносителя по видам теплового потребления.

**Индивидуальный тепловой пункт** – тепловой пункт, обслуживающий здание или его части.

**Грязевик, грязеотстойник** – устройство, предназначенное для отстоя и удаления механических загрязнений из системы теплофикации, устанавливается в индивидуальном тепловом пункте.

**Дренажное устройство** – штуцер с арматурой, предназначенный для дренирования трубопроводов, устанавливается в нижних точках трубопровода.

**Воздушник** – штуцер с арматурой, предназначенный для удаления воздуха из системы, устанавливается в верхних точках трубопровода.

**Спускное устройство** – штуцер с арматурой, предназначенный для опорожнения трубопровода, устанавливается в нижних точках.

**Компенсатор теплового удлинения** – устройство тепловых сетей, предназначенное для предотвращения разрушения трубопроводов от воздействия теплового удлинения.

**Тепловая изоляция трубопроводов** – для уменьшения потерь тепла в окружающую среду трубопроводы и оборудование тепловых сетей покрывают слоем теплоизоляционного материала. Толщина слоя выбирается из условия, что температура на поверхности изоляции при температуре наружного воздуха + 25 °С не должна быть выше + 45 °С.

**Единица измерения теплоты** – калория (кал.), количество тепловой энергии, необходимое для нагрева 1 г воды на 1°С или 1 кг воды на 1°С (килокалория-Ккал), Гкал = 10<sup>6</sup> Ккал.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО РАЗДЕЛА

### 2.1. Основные положения

Большинство технологических процессов промышленных предприятий являются энергоемкими процессами.

На промпредприятии тепло обычно используется:

- на отопление производственных, административных и бытовых помещений в осенне-зимний период;
- на нагрев приточного воздуха в процессе промышленной вентиляции;
- на горячее водоснабжение;
- на обогрев технологического оборудования, арматуры, приборов КИПиА, технологических трубопроводов;
- в теплообменных аппаратах;
- пар подается на привод паровых насосов, в отпарные, ректификационные и стрепенговые колонны, сушилки, паровые молоты, пропарочные установки, на распыл жидкого топлива в горелках технологических печей и паровых котлов;
- пар используется на нужды пожаротушения;

Основными теплоносителями на промпредприятии являются пар и теплофикационная вода.

### Вопросы для самоконтроля:

1. Где используется тепло на промпредприятии?
2. Какие теплоносители используются на промпредприятии?



## 2.2. Основные резервы экономии энергоресурсов

### 2.2.1. Транспортировка теплоносителя

Одним из неизбежных видов потерь тепла являются потери при транспортировке теплоносителя.

Проходя по трубопроводам теплоноситель как пар, так и вода снижает свои параметры за счет сопротивления по длине трубопроводов (линейные сопротивления), сопротивления при прохождении арматуры, отводов, изменения движения потока (местные сопротивления), от потерь тепла через поверхность трубопровода в окружающую среду.

Прохождение теплоносителя с наименьшими потерями давления требует подбора оптимальной скорости потока и диаметра трубопровода.

Для пара оптимальная скорость – 40 м/сек.

Для воды 2 – 5 м/сек.

Трубопровод с заниженным диаметром может не пропустить требуемый расход, либо привести к значительному повышению скорости, а следовательно к увеличению сопротивления.

Завышенный диаметр трубопровода приведет к снижению скорости потока, снижению давления, а в случае транспортировки пара, к образованию конденсата на стенках трубопровода, что приведет к повышенным теплотерям за счет теплопередачи.

Потери тепла в трубопроводах рассчитываются по формуле:

$$Q=S \cdot k \cdot \Delta t$$

Где  $k$  – коэффициент теплопередачи.

В случае передачи тепла от пара через стальной трубопровод к воздуху  $k=11$  ккал/м<sup>2</sup>/час/°С

При передаче тепла от пара к жидкости, которой является паровой конденсат  $k=700 \dots 900$  ккал/м<sup>2</sup>/час/°С

Таким образом видим, что при образовании конденсата в паропроводе резко увеличиваются потери тепла транспортируемого пара. (рис. 1)

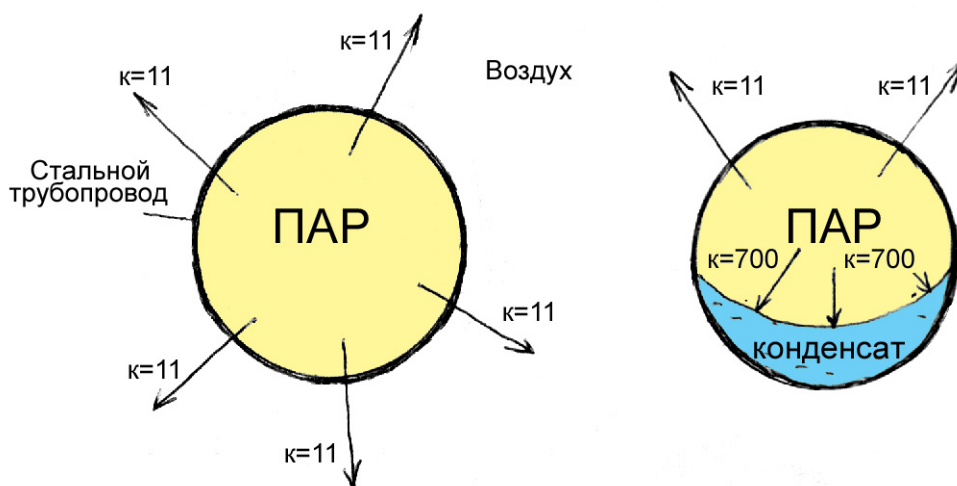


Рис. 1

$k$  – коэффициент теплопередачи

Для подбора оптимального диаметра трубопровода для транспортировки требуемого расхода теплоносителя заданных параметров производится гидравлический расчет сети при прокладке новых трубопроводов, либо поверочный гидравлический расчет существующей сети. Целью поверочного расчета является выявление участков, на которых потери тепла наиболее высоки, а также точки конденсации пара. (Таблица 1)

Таблица 1

**Скорость образования конденсата в паропроводах кг/час/м<sup>2</sup>**

Давление пара	1,0	2	4	8	12
Изолированная труба	1	1	1,5	1,5	2
Неизолированная труба	4	5	6	7	8

Присутствие конденсата в паропроводах недопустимо еще из-за возможности гидроударов, которые могут привести к разрушению трубопровода и арматуры.

Для удаления конденсата служат колена – отстойники (рис.2)

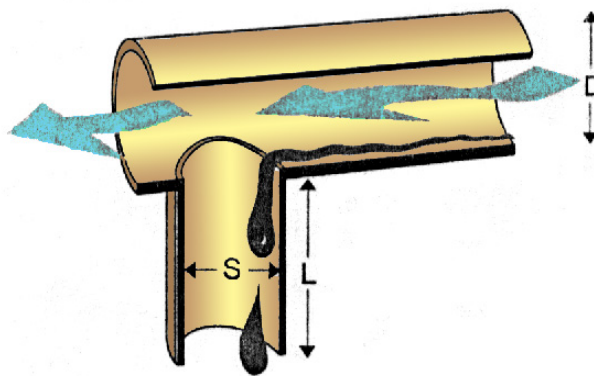


Рис. 2

Колена-отстойники устанавливаются:

- перед восходящими стояками ;
- в конце главного паропровода;
- перед расширением;
- перед клапанами – регулятором;
- на прямых участках с медленно текущей средой (через каждые 75 м)



**Рекомендуемые размеры колен-отстойников для паропроводов  
и трубопроводов разводки пара**

D Паропровода DN	S Колена отстойника DN	Минимальная длина колена -отстойника, мм	
		Разогрев под на- блюдением L	Разогрев автома- тический L
15	15	250	710
20	20	250	710
25	25	250	710
50	50	250	710
80	80	250	710
100	100	250	710
150	100	250	710
200	100	300	710
250	150	380	710
300	150	460	710
350	200	535	710
400	200	610	710
450	250	685	710
500	250	760	760
600	300	915	915

Значительные потери тепла при транспортировке теплоносителя составляют потери от теплопередачи через поверхность трубопровода.

Тепловая изоляция трубопроводов способна сократить эти потери в несколько раз, поскольку для изолирования применяются материалы с низким коэффициентом теплопроводности (см. таб.3).

Например:

Потери тепла через 1 м трубопровода Ду=150 мм и с температурой теплоносителя  $t = 150 \text{ C}^\circ$  составят:

- изолированная поверхность – 84 ккал/час
- неизолированная поверхность – 760 ккал/час
- неизолированная арматура – 870 ккал/час

**Тепловая изоляция.** Для тепловой изоляции трубопроводов используют различные материалы: минеральную вату, пенобетон, армопенобетон, пеностекло, газобетон, перлит, асбестоцемент, совелит, керамзитобетон и др. При канальной прокладке широко применяют подвесную изоляцию из минеральной ваты, при бесканальной – из автоклавного армопенобетона, асфальтоизола, битумоперлита и пеностекла, а иногда и засыпную изоляцию.

Конструктивно – тепловая изоляция состоит в основном из трех слоев: теплоизоляционного, покровного и отделочного. Покровный слой предназначен для защиты изоляции от механических повреждений и попадания влаги, т.е. для сохранения теплотехнических свойств. Для устройства покровного

слоя используют материалы, обладающие необходимой прочностью и влагонепроницаемостью: толь, пергамин, стеклоткань, фольгоизол, листовую сталь и дюралюминий. В качестве покровного слоя также применяют при канальной и надземной прокладках – асбестоцементные полуцилиндры, кожух из тонколистового алюминиевого сплава АЛ1-Н, кожух из тонколистовой стали, оцинкованной или окрашенной алюминиевой краской АЛ-177.

Подвесная изоляция, получившая широкое распространение, представляет собой цилиндрическую оболочку на поверхности трубы, изготовленную из минеральной ваты (рис. 3а), формованных изделий - плит, скорлуп, сегментов и автоклавного пенобетона (рис. 3г).

Устройство тепловой изоляции из минеральной ваты – процесс очень трудоемкий, неиндустриальный и дорогостоящий. Трубы очищают от ржавчины и окалины, после чего покрывают противокоррозионной грунтовкой и одним слоем изола 1. Затем их обертывают матами из уплотненной минеральной ваты 2, заключенной в водонепроницаемую бумагу 3. Маты стягивают кольцами из проволоки 4 и по металлической сетке 5 наносят защитный слой 6 асбестоцементной корки.

### Тепловая изоляция

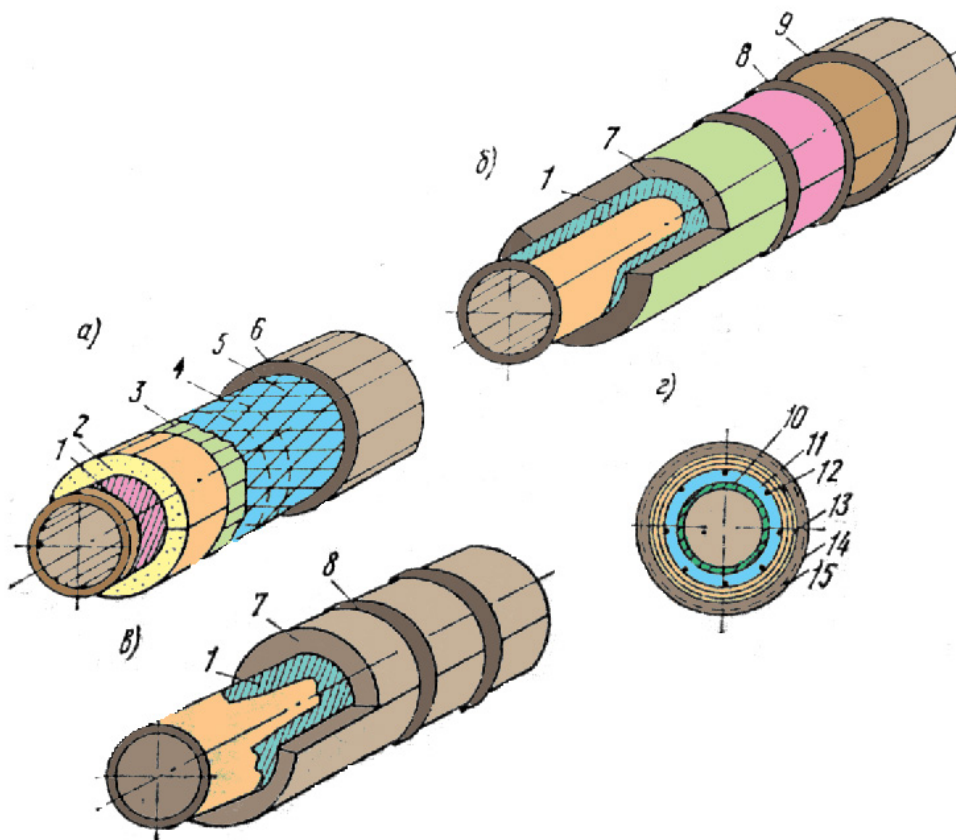


Рис. 3

а – из минеральной ваты; б – из пенопласта; в – из перлитобетона;  
г – из автоклавного бетона

**Для получения полноценной версии необходимо обращаться по адресу...**



«Лаборатория информационных технологий в энергетике»,  
Кафедра «Тепловые электрические станции»  
Красноярского государственного технического университета  
e-mail: [boiko@krgtu.ru](mailto:boiko@krgtu.ru)  
р.т.: (8-3912) 49-72-99, 49-74-63  
660074, г. Красноярск, ул. Академика Киренского, 26  
Красноярский государственный технический университет