

Министерство образования и молодежной политики Свердловской области  
ГАПОУ СО «Екатеринбургский энергетический техникум»

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПРОЕКТ**

на тему «**Модернизация сетевых подогревателей с целью повышения тепловой  
эффективности**»

специальность 13.02.01 «Тепловые электрические станции»

Разработала:

А. Д. Ковина

Группа 366 - Т

Руководитель:

М. М. Марьинских

Екатеринбург

2020

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ОПИСАНИЕ СЕТЕВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ	4
1.1 Типы сетевых подогревателей и их конструктивные особенности	4
1.2 Эксплуатационные требования	7
1.3 Обслуживание сетевых подогревателей	8
2 МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ СЕТЕВОЙ ВОДЫ	10
2.1 Минусы серийных подогревателей сетевой воды	10
2.2 Виды модернизации	11
2.3 Организация сбора и отвода конденсата с труб и перегородок	12
2.4 Изменение конструкции трубной системы	12
2.5 Сравнение вариантов реконструкции	13
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	15
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	16

## **ВВЕДЕНИЕ**

Современные паротурбинные установки тепловых электростанций представляют собой сложнейшие системы, состоящие из большого количества элементов. Важное место в составе таких систем занимают теплообменные аппараты — крупногабаритное, дорогостоящее и металлоемкое оборудование, улучшение характеристик которого может, под данным Всероссийского теплотехнического и Московского энергетического институтов, увеличить на 30% в общем коэффициенте полезного действия (КПД) паротурбинной установки (ПТУ), достигнутым за счет усовершенствования всех элементов турбоустановки. Обеспечение эффективной работы теплообменных аппаратов паротурбинных установок окупается в минимальные сроки и получается существенный экономический эффект.

Целью исследовательского проекта является оценка повышения тепловой эффективности сетевых подогревателей путем возможной модернизации их конструкции и принципа движения теплоносителей.

Задачи, которые необходимо выполнить для достижения этой цели:

- рассмотреть типы и конструкции, сетевых подогревателей;
- проанализировать возможности модернизации подогревателей сетевой воды;
- рассмотреть и сравнить возможные варианты модернизации сетевых подогревателей.

## **1 ОПИСАНИЕ СЕТЕВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ**

### **1.1 Типы сетевых подогревателей и их конструктивные особенности**

Подогреватели сетевой воды выполняются двух типов: вертикальные (ПСВ) и горизонтальные (ПСГ).

На рисунке 1.1 показан вертикальный сетевой подогреватель типа ПСВ-500-3-23.

Вертикальные сетевые подогреватели с площадью поверхности нагрева 90-500 м<sup>2</sup> выполняются двух- или четырехходовыми с прямыми трубками диаметром 19 мм из латуни. Основными узлами этих аппаратов являются: корпус, трубная система, верхняя и нижняя (плавающая) водяные камеры.

Верхняя водяная камера крепится к фланцу верхней части обечайки корпуса. Она имеет патрубки для подвода и отвода сетевой воды и систему перегородок для создания необходимого числа ходов воды.

Верхняя трубная доска размещается между фланцами корпуса и водяной камеры. Нижние концы трубок поверхности нагрева закрепляются в нижней трубной доске, к которой присоединятся нижняя (плавающая) водяная камера. В нижней камере, как и в верхней, предусмотрены перегородки для создания необходимого числа ходов, а также выводы для опорожнения и отвода паровоздушной смеси.

Сетевая вода поступает в приемный отсек верхней водяной камеры. Для создания четырех ходов в верхней камере устанавливаются две взаимно перпендикулярные перегородки. Из приемного отсека вода попадает в трубки и в нижнюю (плавающую) камеру. Для создания четырех ходов в нижней камере устанавливается одна расположенная по диаметру перегородка. Из нижней камеры вода вновь поступает в трубки. Отвод сетевой воды производится из патрубка верхней водяной камеры. [2].

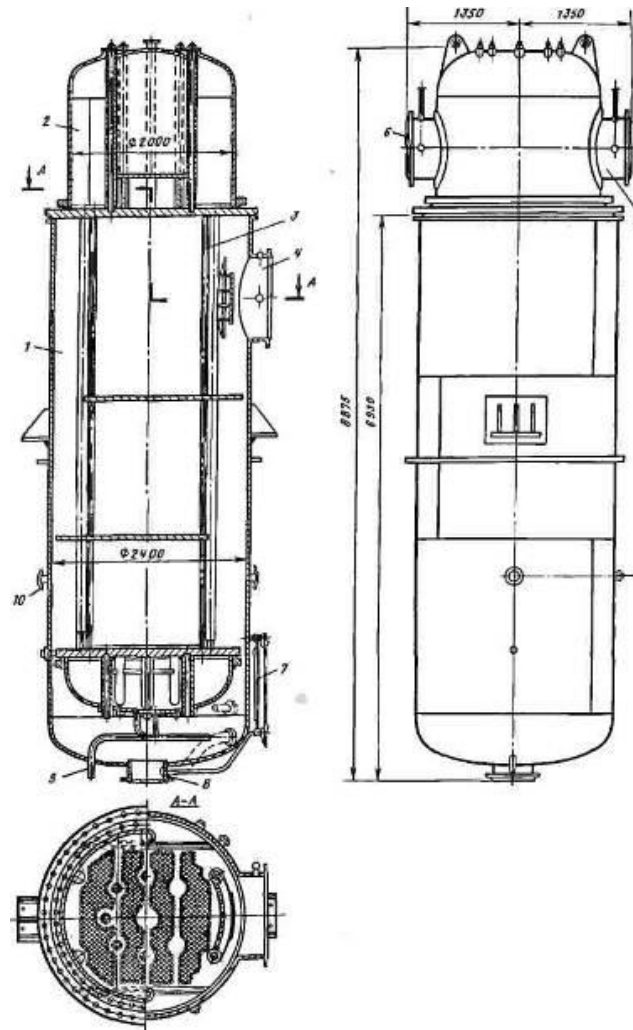


Рисунок 1.1 - Вертикальный сетевой подогреватель

1 - корпус; 2 - водяная камера; 3 - греющая секция; 4 - подвод пара; 5, 6 - подвод сетевой воды и отвод ее; 7- указатель уровня; 8- отвод конденсата; 9- опорожнение греющей секции; 10 - отвод паровоздушной смеси

Греющий пар омывает трубки снаружи. При этом для организации направленного потока трубная система имеет наружные перегородки.

Образующийся на поверхности трубок конденсат пара стекает в нижнюю часть корпуса подогревателя. На линии отвода конденсата из подогревателя устанавливается регулирующий клапан, получающий импульс от датчика, фиксирующего положение уровня конденсата в корпусе подогревателя.

Отвод воздуха при заполнении подогревателя производится через кран-воздушник, расположенный на верхней водяной камере. Отсос паровоздушной смеси ведется через патрубок, соединенный с паровым пространством подогревателя.

Каждый типоразмер подогревателя типа ПСВ имеет свое обозначение (например, ПСВ-500-3-23), в котором:

- первая цифра показывает площадь поверхности нагрева, м<sup>2</sup>;
- вторая показывает максимальное рабочее давление греющего пара в корпусе, кг/ см<sup>2</sup>;
- третья показывает максимальное рабочее давление сетевой воды в трубной системе, кг/см<sup>2</sup>.

Сетевые подогреватели теплофикационных турбин большой мощности выполняются горизонтальными, что позволяет легче компоновать их в помещении машинного зала.

На рисунке 1.2 показан горизонтальный сетевой подогреватель типа ПСГ-5000-3,5-8, устанавливаемый на теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) с турбинами Т-250-240.

Поверхность трубного пучка подогревателя образована прямыми латунными трубками, концы которых развальцованы в трубных досках.

Патрубки подвода и отвода подсоединяются к передней камере. В этой же камере устанавливаются перегородки для образования ходов воды. В крышке передней камеры предусмотрены лазы для осмотра и очистки внутренних поверхностей трубок. Патрубки подвода и отвода воды располагаются под углом к вертикальной оси подогревателя с целью удобства компоновки подводящих и отводящих труб диаметром 1000-1200 мм.

Задняя (поворотная) водяная камера также имеет внутренние перегородки для образования ходов воды. Для компенсации температурных расширений трубок на корпусе подогревателя со стороны поворотной камеры установлен двойной линзовый компенсатор.

Крышка задней камеры, как и передней, имеет лазы (обычно два) для осмотра и очистки внутренних поверхностей трубок. [2].

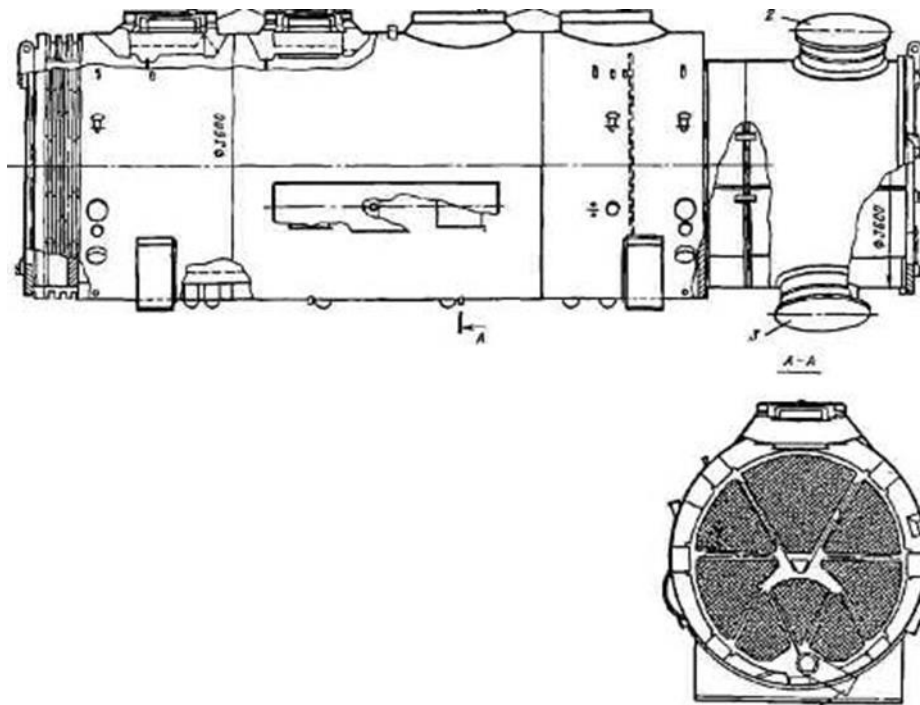


Рисунок 1.2 - Горизонтальный сетевой подогреватель

1,2- подводы пара и сетевой воды; 3, 4 - отводы сетевой воды и паровоздушной смеси

## 1.2 Эксплуатационные требования

Эксплуатация подогревателя сетевой воды должна производиться в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей РФ», Правилами Ростехнадзора, «Правилами техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей», «Правилами пожарной безопасности для промышленных предприятий», директивными и руководящими указаниями для тепловых электрических станций (ТЭС), теплоэлектроцентралей (ТЭЦ), отопительных котельных.

Основными задачами эксплуатации подогревателя являются:

- обеспечение бесперебойной работы с расчетными параметрами теплоносителей в течение всего срока эксплуатации;
- обеспечение наиболее экономичной работы подогревателя с максимальным использованием тепла греющей среды.

Для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации подогреватель должен быть оснащен приборами для измерения давления и температуры, средствами защиты, блокировок и сигнализации, указателем уровня жидкости. Корпус подогревателя, водяная камера, фланцевые соединения, патрубки должны иметь тепловую изоляцию. Температура поверхности изоляции при температуре воздуха плюс 25 °С не должна превышать плюс 45 °С. Поврежденная изоляция своевременно восстанавливается.

Уровень шума на расстоянии 1 метр от подогревателя не должен превышать 80 дБ согласно действующим нормам ГОСТ 12.1.003-83.

Эксплуатация подогревателя не допускается в следующих случаях:

- при неисправности элементов любой блокировки или защиты;
- при неисправности регулирующего клапана;
- при отсутствии или неисправности контрольно-измерительных приборов измерения давления в корпусе;
- при выявлении неплотности в трубной системе;
- при обнаружении в основных элементах подогревателя трещин, выпучин, недопустимого утонения стенок, течи в сварных швах, разрыва прокладок;
- при выходе из строя указателя уровня конденсата пара.

## 1.3 Обслуживание сетевых подогревателей

При работе подогревателя необходимо вести наблюдение за:

- уровнем конденсата в корпусе, не допуская затопления конденсатом воздухоотводящего устройства, а также работы подогревателя без уровня;

- работой системы автоматического регулирования уровня конденсата;
- давлением пара, не допуская работу подогревателя с не полностью открытой паровой задвижкой;
- величиной нагрева сетевой воды и недогревом (температурным напором) ее;
- гидравлической плотностью трубной системы (по качеству конденсата греющего пара).

Экономичность работы подогревателя характеризуется величиной недогрева воды. Причиной повышенного недогрева может быть:

- неплотность задвижки на обводе (байпасае) подогревателя;
- неудовлетворительный отвод паровоздушной смеси из корпуса;
- повышенное поступление воздуха в подогреватель;
- уменьшение рабочей поверхности подогревателя из-за большого числа заглушенных труб или затопления части поверхности при повышении уровня;
- тепловая перегрузка подогревателя;
- ухудшение теплообмена в связи с загрязнением поверхности нагрева.

В зависимости от качества воды, температурных условий, длительности эксплуатации образуются различные по составу и количеству отложения на внутренних стенках труб поверхности нагрева. Отложения ухудшают теплообмен и, как следствие, увеличивают недогрев. Поэтому величина недогрева может служить критерием степени загрязнения труб. В процессе эксплуатации для удаления отложений с внутренних поверхностей труб применяется химическая или механическая очистка. Периодичность очистки трубной системы зависит от скорости и величины загрязнения. При увеличении недогрева сетевой воды на 4-5 °С по сравнению с расчетом рекомендуется провести очистку труб. Подогреватель должен подвергаться техническому освидетельствованию после монтажа, до пуска в работу, периодически в процессе эксплуатации и в необходимых случаях – внеочередному освидетельствованию. При работе внутри подогревателя (внутренний осмотр, ремонт, чистка и т.п.) должны применяться безопасные светильники на напряжение не выше 12 В. Работы внутри подогревателя должны выполняться по наряду-допуску. Перед внутренним осмотром и гидравлическим испытанием подогреватель необходимо остановить, охладить, слить воду из корпуса и верхней водяной камеры. Отключить заглушками от всех трубопроводов, соединяющих подогреватель с источником давления или другими сосудами, демонтировать верхнюю водяную камеру, вынуть из корпуса трубную систему с нижней водяной камерой, слить из трубной системы и нижней камеры воду, отсоединить от трубной системы нижнюю водяную камеру, чистить поверхности до металла. Гидравлическое испытание подогревателя проводить в собранном виде в следующей последовательности: сначала полость трубной системы с верхней и нижней водяными камерами, затем полость корпуса пробным давлением, указанным в чертеже и паспорте подогревателя. [1].



## 2 МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ СЕТЕВОЙ ВОДЫ

### 2.1 Минусы серийных подогревателей сетевой воды

К настоящему времени в эксплуатации на ТЭЦ, ГРЭС и в котельных находятся несколько тысяч описанных подогревателей разных типоразмеров с диаметрами корпусов от 720 до 1624 мм.

Опыт их эксплуатации свидетельствует о том, что регламентированные показатели тепловой эффективности (в частности, величины недоревев сетевой воды до температуры насыщения греющего пара при номинальных тепловых нагрузках должны быть в пределах  $+5^{\circ}\text{C}$ ), как правило, не обеспечиваются. Величины недоревев в них, например, нередко достигают 10-12 и даже 15-20 $^{\circ}\text{C}$ .

В значительной степени это объясняется наличием в конструкции данных аппаратов многих недостатков, среди которых необходимо отметить следующие:

- неоптимальная с термодинамической точки зрения схема движения греющего пара, при которой он одновременно подводится к поверхности труб 1 и 2-го ходов сетевой воды в подогревателе, имеющих разные средние температуры стенок; это снижает тепловую эффективность подогревателя и способствует увеличению неравномерности в распределении тепловых нагрузок по зонам пучка (тепловой перекос);

- многоходовое движение пара через трубный пучок увеличивает потери давления пара в этом тракте, что в итоге приводит к снижению температуры сетевой воды на выходе из подогревателя;

- во многих схемах, особенно в котельных с паровыми котлами, не имеющими пароперегревателей, организация многоходового движения насыщенного пара в трубных пучках нецелесообразна;

- в трубных системах отсутствует система сбора и отвода, образующегося на поверхности теплообменных труб конденсата пара из отсеков подогревателя (зоны между перегородками);

- конденсат по поверхности трубок перетекает из верхних отсеков в нижние, вследствие чего увеличивающаяся толщина плёнки конденсата на участках поверхности трубок в-последних, создаёт дополнительное термическое сопротивление переходу тепла от пара к стенке;

- конструкция пучка допускает возможность значительных холостых перетечек пара (минуя соответствующие зоны трубного пучка), что также способствует снижению тепловой эффективности подогревателей;

- отсутствует система эффективного удаления неконденсирующихся газов из отсеков межтрубного пространства;

- перегородки в трубных пучках расположены на одинаковом расстоянии друг от друга, что нерационально, так как массовый расход пара при движении из отсека в отсек уменьшается, средняя

скорость движения пара в нижних отсеках трубного пучка и эффективность теплообмена также снижаются, что соответственно понижает общую тепловую мощность подогревателя;

- над самыми верхними перегородками подогревателей ПСВ имеются тупиковые зоны с практически стоячим паром, в которых эффективность теплообмена существенно снижена;

- незакрепленные свободные пролёты у теплообменных труб, достигающие у значительной части этих аппаратов 900-1300 мм, снижают вибрационную надёжность трубной системы;

- неперфорированные паротбойные щиты, вследствие недостаточных размеров, не в полной мере защищают трубную систему (в зоне вокруг парового патрубка) от динамического воздействия набегающего потока, насыщенного пара с каплями влаги;

- такие щиты создают за собой «аэродинамическую тень» больших размеров. [4].

## 2.2 Виды модернизации

Слово «модернизация» происходит от французского *moderne* — новейший.

Модернизация оборудования означает его обновление, приведение в соответствие с новыми современными техническими требованиями.

К основным видам модернизации можно отнести следующие варианты:

- 1) трубный пучок сохраняется; вводится наружный кожух; трубная система преобразуется в одноходовую по пару; пар движется через трубную поверхность, соответствующую II ходу воды к поверхности, относящейся к I ходу воды; вводятся дополнительные элементы по частичному сбору и отводу конденсата и паровоздушной смеси из зон конденсации пара (+12-15% к производительности);

- 2) полная разборка пучка, замена изношенных трубок, перегородок и анкерных связей, сохранение трубных досок (если целесообразно); более полная реализация мероприятий по варианту I в части сборки и отвода конденсата пара и паровоздушной смеси из зон конденсации пара, введение кожуха на трубном пучке; установка новых анкерных связей (+20-25% к производительности);

- 3) сохранение исходного каркаса трубной системы, полная замена гладких теплообменных труб на трубы BOILERMOON; полная реализация мероприятий по сбору и отводу конденсата пара и паровоздушной смеси из зон конденсации пара; кожух на пучке не устанавливается. (+30-35 к производительности)

- 4) сохранение трубных досок (если целесообразно), полная замена изношенных гладких труб на трубы BOILERMOON; замена перегородок и анкерных связей; введение наружного кожуха на трубной системе; наиболее полная реализация систем сбора и отвода конденсата и отвода паровоздушной смеси из зон конденсации. (+40-45% к производительности) [8].

### **2.3 Организация сбора и отвода конденсата с труб и перегородок**

В трубной системе обеспечен сбор и отвод конденсата греющего пара с труб и перегородок посредством уникальных элементов. Снижение дополнительного термического сопротивления перехода тепла от пара к стенке трубок, уменьшение толщины плёнки конденсата на участках поверхности трубок.

### **2.4 Изменение конструкции трубной системы**

В трубной системе увеличено число перегородок и изменена их конструкция. Вместе с анкерными связями они образуют жёсткий каркас, что обеспечивает высокую вибрационную надёжность трубной системы, а также минимизируют протечки пара мимо трубного пучка. Для слива воды из трубной системы на малой водяной камере предусмотрен специальный патрубок; слив воды через него осуществляется после отсоединения съёмной части корпуса. Подогреватели ПСВэ более компактны, имеют меньшую металлоёмкость и массу в сравнении с серийными. При использовании подогревателей ПСВэ для модернизации действующих объектов, мы учитываем отличия некоторых габаритных и присоединительных размеров от таковых у аппаратов типов БП, БО и ПСВ. После проведения замеров, мы сохраняем положение и размеры опорных лап, положение и присоединительные размеры патрубков подвода и отвода сетевой воды. Обеспечение высокой вибрационной надёжности трубной системы, увеличение тепловой эффективности подогревателя, удобство обслуживания. [5]

### **2.5 Сравнение вариантов реконструкции**

Варианты реконструкции вертикальных сетевых подогревателей типов БО, БП, БПу и ПСВ могут быть без затруднений осуществлены практически в любой котельной и на ТЭЦ.

На вновь сооружаемых или капитально реконструируемых (с заменой устаревшего оборудования) объектах теплоснабжения применение вертикальных подогревателей этих типов, базирующихся на устаревших конструктивных решениях, должно быть прекращено. Вместо них рекомендуются аппараты типа ПСВК по ТУ 4933-049-05762252-2003 [6]. Их тепловая эффективность даже при поверхности теплообмена из гладких труб превышает соответствующие показатели серийных аппаратов на 25-30%, а при варианте из ПВТ или «олуненных» труб [9, 10] - на 45-50%. Габаритные и присоединительные размеры рекомендуемых подогревателей близки к тем, которые имеются у соответствующих заменяемых аппаратов

Таблица 2.1 - Приближенная оценка эффективности вариантов реконструкции

№ п/п	Техническая характеристика варианта реконструкции	Повышение эффективности реконструированного подогревателя по отношению к серийному, %	Тип модернизированного подогревателя и объект проведения их испытаний
1	Трубный пучок сохраняется; - трубная система преобразуется в одноходовую на пару; - вводятся дополнительные элементы, обеспечивающие частичный сбор и отвод конденсата и паровоздушной смеси из зон конденсации пара.	12-15	ПСВ-315-14-23 (2 шт.), ГРЭС-8 «Ленэнерго»
2	Полная разборка пучка, замена изношенных труб новыми гладкими, замена перегородок и анкерных связей; введение систем сбора и отвода конденсата пара и паровоздушной смеси из зон конденсации; переход на однопроходную схему движения пара через пучок.	20-25	ПСВ-200у (2 шт.), Юго-Восточная котельная (г. Выборг); ПСВК-12-1,0-1,0, ФГУП «Салют» (г. Москва); ПСВК-110-1,0-1,6, ОАО «Краснодартеплосеть»
3	Сохранение исходного каркаса трубной системы и схемы движения пара через пучок; замена гладких теплообменных труб на профильно-витые или «олуненные»	25-30	ПСВ-500-14-23, Прибалтийская ГРЭС
4	Сохранение (по возможности) трубных досок, полная замена изношенных гладких труб на профильно-витые или «олуненные».	40-45	Расчетная оценка на основе исследований НПО ЦКТИ и УГТУ-УПИ (УрФУ)

Продолжение таблицы 2.1

5	Замена серийных подогревателей БО, БП, БПу, ПСВ аппаратами типа ПСВК с поверхностью теплообмена из профильно-витых или «олуненных» труб.	45-50	Расчетная оценка на основе исследований НПО ЦКТИ и УГТУ-УПИ (УрФУ)
---	--	-------	--

В таблице 2.1 дана приближенная оценка эффективности вариантов реконструкции сохраняемых в эксплуатации вертикальных подогревателей сетевой воды или их замены.

Наименее затратны варианты № 1 и 2. Наиболее эффективный и одновременно самый дорогостоящий - вариант № 5, по которому осуществляется полная замена устаревших подогревателей новыми типа ПСВК. Вариант реконструкции намечаемых к дальнейшему использованию подогревателей ранних выпусков для каждого объекта выбирается индивидуально с учетом имеющихся технических и финансовых возможностей.

Таким образом, новые вертикальные подогреватели сетевой воды типа ПСВэ, предназначены для применения в новых котельных и ТЭЦ, а также для замены отработавших свой ресурс серийных подогревателей ПСВ / БО / БП.

Конструкция подогревателей ПСВэ предусматривает полное устранение недостатков, присущих устаревшим аппаратам ПСВ / БО / БП, обеспечивает высокую тепловую экономичность, надёжность и удобство в эксплуатации.

После снятия распределительной водяной камеры, нижней съёмной части корпуса и малой водяной камеры, обеспечивается доступ как к верхней, так и к нижней трубным доскам аппарата. Благодаря этому такие работы, как чистка, заглушка трубок, а также их замена могут быть произведены без выемки трубной системы из корпуса аппарата. Упрощение обслуживания и ремонта аппарата.

Поступающий греющий пар вначале омывает поверхность труб, имеющих более высокую температуру стенки, т.е. поверхность, образованную трубками второго (в двухходовых аппаратах) или третьего и четвертого (в четырехходовых) ходов сетевой воды в подогревателе.

Движение пара через пучок чисто поперечное. Отсутствие вихревых и застойных зон, ухудшающих теплообмен обеспечивает термодинамически верную схему движения пара через трубный пучок.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основная задача эффективного развития промышленного потенциала без нанесения вреда окружающей среде, заключается в том, чтобы определить пути более эффективного использования природных энергетических ресурсов для существенного повышения КПД электростанций и других энергогенерирующих установок.

Это во многом зависит от модернизации энергетического производства, использования более совершенного оборудования и организации качественного обслуживания и эксплуатации энергетических систем.

В отечественных системах централизованного теплоснабжения, на ТЭЦ и в тепловых центрах эксплуатируется много устаревших вертикальных пароводяных подогревателей сетевой воды (типов БО, БП, БПу и ПСВ). Практически по всем показателям (экономическим, эксплуатационным, ремонтнопригодности и надежности) они не соответствуют современному техническому уровню. Это ощутимо ухудшает показатели эффективности и надежности систем, в которых они эксплуатируются. Требуемая оперативная их замена разработанными в последнее десятилетие более совершенными аппаратами в подавляющем большинстве случаев неосуществима, так как связана со значительными капитальными затратами, поэтому много устаревших подогревателей еще довольно долго будет находиться в эксплуатации.

Рассмотренные варианты модернизации сетевых подогревателей показывают, что изменения в конструкции не требуют больших затрат и могут быть реализованы непосредственно на объектах эксплуатации в основном силами ремонтного персонала. При этом новые конструктивные решения позволяют существенно повысить тепловую эффективность и надежность оборудования. Таким образом, модернизационные мероприятия позволили значительно улучшить большинство важных эксплуатационных показателей известных сетевых подогревателей, в том числе:

- ресурс увеличивается в 1,5 - 2,0 раза;
- тепловая производительность увеличивается на 20 - 25%;
- ремонтно-эксплуатационные затраты уменьшаются в 1,5 - 2,0 раза.

В свою очередь это будет оказывать непосредственное влияние на качество эксплуатации оборудования, долговечность его работы и, следовательно, на качество теплоснабжения потребителей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 ОСТ 108.271.101 -76. Подогреватели сетевой воды для тепловых электростанций, отопительно-производственных и отопительных котельных.
- 2 Бродов Ю.М., Аронсон К.Э., Блинков С.Н. и др. Теплообменники энергетических установок. Екатеринбург: УГТУ- УПИ, 2008.
- 3 Буров, В. Д. Тепловые электрические станции [Текст]: учебник для вузов / В. Д. Буров, Е. В. Дорохов, Д. П. Елизаров и др.; под ред. В. М. Лавыгина, А. С. Седлова, С. В. Цанева. - 3-е изд., стереот. - М.: Издательский дом МЭИ, 2009. - 466 с.: ил.; 24 см/ - 1000 экз. - ISBN 978-5-383-00404-3.
- 4 Варфоломеев, Ю. М. Отопление и тепловые сети [Текст]: учебник / Ю. М. Варфоломеев, О. Я. Кокорин - М.: ИНФА-М, 2010. - 480 с. - (Среднее профессиональное образование) - ISBN 978-5-16-002270-3.
- 5 Пермяков, В. А. Кожухотрубные аппараты нового поколения для тепловодоснабжения. [Текст] / В. А. Пермяков, К. В. Пермяков, СПб.: ПЭИПК, 2010. – 328 с. – ISBN 978-5-93630.
- Яблоков, Л. Д. Паровые и газовые турбоустановки [Текст]: Учебное пособие для техникумов / Л. Д. Яблоков, И. Г. Логинов – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 352 с.: ил. - ISBN 5-283-00021-4.
- 6 Пермяков К.В. Разработка и внедрение кожухотрубных водо-водяных и пароводяных подогревателей повышенной эффективности для систем теплоснабжения: Дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. М., 2003.
- 7 Пермяков К.В., Кошелев С.М., Пермяков В.А. Новые вертикальные подогреватели сетевой воды типа ПСВК для котельных, ТЭЦ и промышленных энергоустановок // Промышленная энергетика. 2003. № 12.
- 8 Пермяков В.А., Пермяков К.В., Боровков В.М., Кошелев С.М. Отечественные кожухотрубные подогреватели нового поколения для технического перевооружения систем теплоснабжения // Промышленная энергетика. 2004. № 11.
- 9 Пермяков В.А., Пермяков К.В. Кожухотрубные аппараты нового поколения для тепловодоснабжения. СПб.: ПЭИПК, 2010.
- 10 Пермяков В.А., Пермяков К.В., Бродов Ю.М., Валиулин С.Н. Кожухотрубные подогреватели для систем тепловодоснабжения и ТЭС// Электрические станции. 2010. № 8.

