

УДК 621.18

**ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛИ  
SUPERHEATERS**

В.В. Бакалова, Н.Д. Самсонов

Научный руководитель – Н.В. Левшин, к.т.н., доцент  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

V. Bakalova, N. Samsonov

Supervisor– N. Levshin, Candidate of Technical Sciences, Docent  
Belarusian national technical university, Minsk

**Аннотация:** в данной статье представлены виды пароперегревателей и их принцип работы. Отдельно рассмотрена работа пароохладителя и теплообменника. Особое же внимание уделяется методам регулирования температуры пара. В заключении делается вывод о значимости пароперегревателей для эффективной работы электростанций.

**Annotation:** this article presents the types of superheaters and their principle of operation. The operation of the steam cooler and heat exchanger is considered separately. Special attention is paid to the methods of steam temperature regulation. In conclusion, the conclusion is made about the importance of superheaters for the efficient operation of power plants.

**Ключевые слова:** пароперегреватель, змеевики, ширмы, регулировочная характеристика, пароохладитель, теплообменник.

**Key words:** superheater, coils, screens, adjustment characteristic, steam cooler, heat exchanger.

**Введение**

Пароперегреватели являются важной частью технологии производства электроэнергии на электростанциях. Они используются для повышения эффективности работы паровых турбин путем нагрева пара до высоких температур и давлений. Далее будет рассмотрен принцип работы пароперегревателей, их преимущества и недостатки.

**Основная часть**

Пароперегреватели – устройства, которые используются для повышения температуры насыщенного пара до определенного уровня. Они считаются весьма важными элементами котла, поскольку при их работе достигается самая высокая температура пара, что предполагает повышенные требования к металлу труб при их изготовлении.

Различают следующие типы пароперегревателей:

- По типу теплообмена: конвективные, радиационные, полурadiационные ширмовые пароперегреватели;
- По назначению: основные, промежуточные.

Пароперегреватели конвективной части состоят из труб из стали, имеющих наружный диаметр, в среднем от 32 до 42 мм. Толщина стенки составляет от 5 до 7 мм. Геометрия трубного пучка предполагает гладкотрубное исполнение, из-за дешевизны и способности противостоять внешним отложениям. Несмотря на

возможность образования отложений, они сравнительно легко удаляются. Недостатком гладкотрубных пучков является ограниченное тепловосприятие при невысоких скоростях газового потока. Для монтажа пароперегревателя из гладких труб создаются трубные пучки, которые привариваются к коллекторам (входным и выходным), образуя пакеты.

Компоновка трубного пучка может иметь как однорядное так и многорядное исполнение. По направлению движения потока пара в перегреватель различают: прямоточную, противоточную и смешанную схемы. Противоточный пакет позволяет увеличить напор парового потока, что уменьшает расход металла при нагревании. Однако существует риск пережога выходных петель, что предполагает использование металла в условиях работы близких к предельным. Прямоточное исполнение более металлоемко, ввиду пониженного температурного напора. Недостатки обеих схем частично компенсирует комбинированная схема. Геометрия трубного пучка пароперегревателей может предполагать как вертикальное, так и горизонтальное расположение змеевиков. Вертикальная компоновка предпочтительна из-за надежности и простоты использования и обслуживания. Змеевиковые пароперегреватели предпочтительнее, так как они более удобны, просты и надежны в использовании. Горизонтальные змеевики, наоборот, считаются более сложными в обслуживании и легче загрязняются, но они значительно проще в использовании. Радиационные пароперегреватели обычно располагаются в верхней части топки, на потолке или на вертикальных стенах парового котла. Ширмовые пароперегреватели представляют собой трубы, образующие плоские плотные панели (ширмы) и являются радиационно-конвективными поверхностями. Ширмы располагаются на расстоянии 600–1000 мм друг от друга. Ширмовые пароперегреватели обычно получают 25–40% от всего тепловосприятия перегревателя [1].

Современные пароперегреватели преимущественно комбинированные и включают в себя радиационную, полурadiационную и конвективную конструкции. Место расположения перегревателя в газовом тракте и последовательность включения различных конструкций зависят от параметров пара. Регулирующая характеристика зависит от изменения температуры перегретого пара при изменении нагрузки на паровой котел. Например, для радиационного пароперегревателя характерно снижение температуры перегретого пара при повышении нагрузки котла. Это объясняется тем, что температура продуктов сгорания растет медленнее, чем нагрузка, что приводит к увеличению тепловосприятия настенных поверхностей нагрева. Несколько эксплуатационных факторов могут влиять на температуру перегретого пара, такие как изменение температуры питательной воды, влажность топлива, избыток воздуха в топке и шлакование на отдельных участках оборудования.

Регулирование температуры пара может осуществляться различными методами. Одним из них является паровое регулирование, которое заключается в снижении энтальпии пара или отборе его теплоты для питательной воды. Также используется метод инъекции обессоленной воды в пар, для испарения которой требуется теплота. Паровое регулирование нашло широкое применение при

высоком давлении пара. Однако для промежуточного перегрева пара этот метод не рекомендуется, так как образование дополнительного количества перегретого пара в итоге снижает эффективность производства энергии. Газовое регулирование температуры применяется для изменения температуры пара промежуточного перегрева и основано на изменении тепловосприятости поверхности нагрева. Это можно осуществить с помощью рециркуляции продуктов сгорания или поворотных горелок, путем изменения положения факела в топке котла. Для рециркуляции газов часть газов из газохода после экономайзера с температурой 350–450°C возвращается обратно в топочную камеру котла. Для этого применяются специальные дымоходы рециркуляции газов. Как следствие имеем рост затрат энергии на перекачку газов и увеличение объема газов в топке. По мере снижения нагрузки доля рециркулирующих газов увеличивается. Таким образом, наличие рециркуляции газов приводит к некоторому повышению температуры уходящих газов, что ведет к потерям теплоты и большему расходу топлива по отношению к режиму, где рециркуляция отсутствует. Регулирование температуры пара промежуточного перегрева осуществляется путем изменения теплового воздействия на поверхность нагрева с помощью газового регулирования. В мощных котлах обычно применяется совокупность этих методов, другими словами, требуемая температура пара обеспечивается с помощью парового и газового регулирования [2].

Пароохладитель может быть установлен либо до, либо после пароперегревателя. В случае монтажа пароохладителя после пароперегревателя повышается надежность поддержания требуемой температуры перегретого пара перед турбиной. Однако, в связи с высокими температурами в выходной части перегревателя, метод парового регулирования здесь не применим. В случае другой установки пароохладителя турбина и пароперегреватель оказываются в более защищенном положении. Для регулирования температуры пара обычно используют два или три пароохладителя, которые размещаются в разных частях пакетов пароперегревателя. Впрыскивающий пароохладитель представляет собой прямой участок 6–7 метрового паропровода. Его работа заключается в понижении потенциала перегретого пара за счет захлаживания при впрыске конденсата. Требования к качеству конденсата при этом повышенные.

При регулировании температуры вторичного пара широко применяются теплообменники. В основу работы положен принцип передачи теплоты свежего пара пару промперегрева. Функционал устройства востребован на частичных нагрузках котла при стабилизации температуры пара вторичного перегрева. Теплообменник имеет U-образную форму и состоит из 10–20 труб.

### **Заключение**

Пароперегреватели играют важную роль в повышении эффективности работы электростанций. Они позволяют повысить температуру пара, увеличивая его энергетический потенциал и тем самым увеличивая мощность электростанции. Однако, использование пароперегревателей также сопряжено с проблемами, такими как коррозия и высокие температуры, что требует постоянного обслуживания и контроля. Несмотря на это, пароперегреватели

остаются важным компонентом современных электростанций и вносят значительный вклад в производство электроэнергии.

### Литература

1. Котельные установки электростанций [Электронный ресурс] / Котельные установки электростанций. – Режим доступа: <https://teplota.org.ua/2013-08-30-reznikov-lipov-parovye-kotly-teplovux-elektrostantsii.html> /. – Дата доступа: 16.10.2023.

2. Исследование влияния качества регулирования температуры перегретого пара на срок службы металла пароперегревателя котлов [Электронный ресурс] / Исследование влияния качества регулирования температуры перегретого пара на срок службы металла пароперегревателя котлов. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-kachestva-regulirovaniya-temperatury-peregretogo-para-na-srok-sluzhby-metalla-paroperegrevatelya-kotlov/viewer> /. – Дата доступа: 18.10.2023.