

АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАМЕРНЫХ ПВД В ТУРБОУСТАНОВКЕ АЭС С РЕАКТОРОМ ВВЭР-1000

К.В. Нефедов

Томский политехнический университет
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, группа 5061

На сегодняшний день основным типом подогревателей высокого давления (ПВД) для ТЭЦ и АЭС остаётся коллекторно-спиральный (К-С) с поверхностью нагрева из гладких труб, свитых в плоские спирали. Исторически это было обусловлено их основным преимуществом перед камерными (К) подогревателями – отсутствием водяной камеры и, как следствие, отсутствием массивной трубной доски.

Но на данный момент технологии позволяют выполнить замену ПВД К-С на ПВД К, в том числе для АЭС с реактором ВВЭР-1000 (самый распространённый в России реактор).

Целью данной работы являлся анализ целесообразности указанной замены. На рис. 1 приведены изображения данных подогревателей:

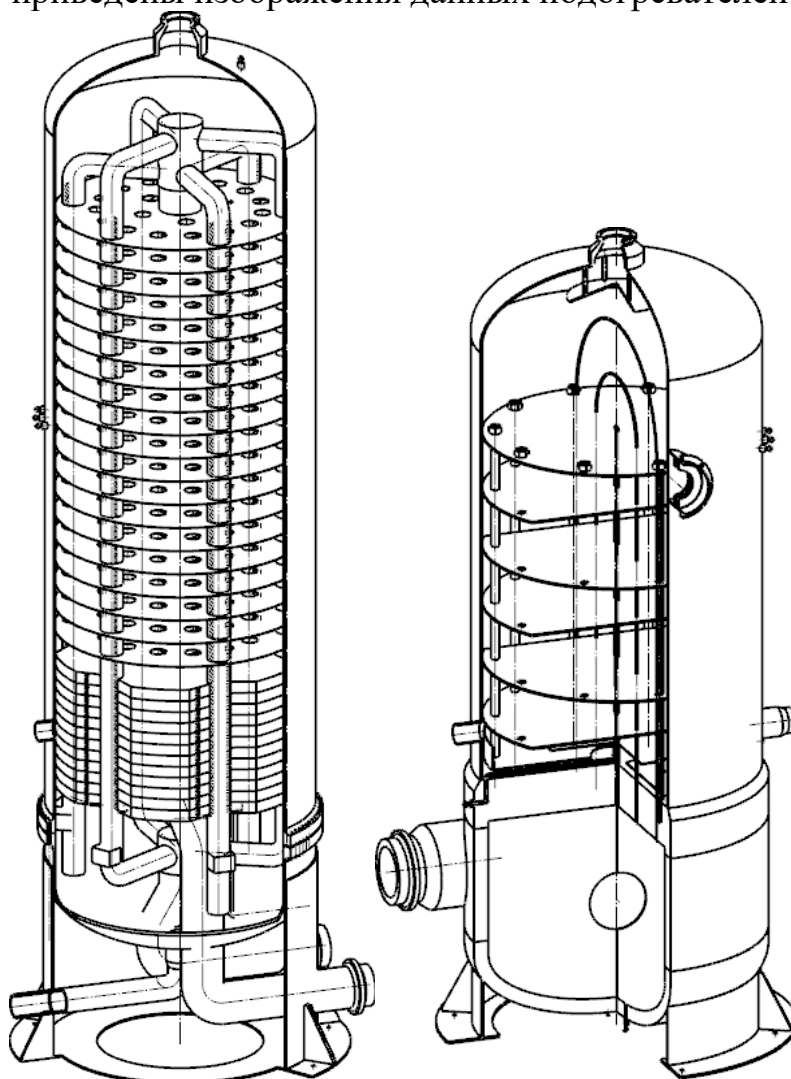


Рис. 1. Изображения коллекторно-спирального подогревателя высокого давления (слева) и камерного (справа) (соотношения размеров близки к реальным)

Для коллекторно-спиральных подогревателей основными характерными являются следующие недостатки:

1. значительное время отключения системы регенерации высокого давления при ремонте трубной системы (среднее время восстановления ~120 ч, что в 3 раза больше, чем для камерных);
2. ограничения по высоте корпуса, накладываемые высотой машзала не позволяют набрать поверхность теплообмена, необходимую для обеспечения оптимальных недогревов питательной воды в каждом ПВД;
3. высокие значения гидравлических потерь по питательной воде из-за наличия коллекторов и спиралей.

К основным недостаткам камерных же ПВД можно отнести лишь остающуюся высокой сложность изготовления трубной доски в связи с большой её толщиной и крепления труб к ней при вертикальном исполнении, а также сложность выделения зоны охладителя пара, но для большинства АЭС это и не требуется.

Для количественной оценки сравнительных характеристик альтернативных конструкций ПВД были проведены параллельные теплогидравлические расчеты этих подогревателей на примере турбоустановки конкретной АЭС.

В качестве базового объекта был взят ПВД-5 паротурбинной установки К-1000-60/1500-1 Калининской АЭС с реактором ВВЭР-1000.

Основные исходные данные, принятые для расчетов: давление питательной воды 10,4 МПа, отборного пара 1,05 МПа, температура воды на входе и выходе подогревателя 158,8 °С и 178,1 °С соответственно. Расход по питательной воде – 788 кг/с.

Расчёты были выполнены по методике, приведённой в [1].

Также для справедливого сравнения были проведены у обоих типов оптимизационные расчёты с определением наиболее эффективных с точки зрения стоимости изготовления и гидравлического сопротивления материалов теплообменных труб, их размеров и скорости питательной воды в них. Для обоих подогревателей материал труб – безникелевый сплав 08Х14МФ, скорость – минимально допустимая – 1,5 м/с, размер трубок – 22х3,5. В расчёте цены была взята стоимость материалов с учётом работы в виде.

Были получены результаты, представленные в табл. 1:

Таблица 1. Сравнение ПВД-5 обоих типов

Подогреватель	Коллекторно-спиральный	Камерный	Разница (относительно К-С), %
Высота, м	13,701	6,183	-54,8
Диаметр, м	2,862	3,381	+18,1
Потери давления, МПа	0,099	0,018	-81,8
Компактность, МВт/м ³	0,761	1,208	+58,7
Металлоёмкость, МВт/т	0,883	0,865	-2
Критерий Кирпичёва	697	3915	+461,7

Из таблицы видно, что согласно большинству критериев, преимущество имеет подогреватель камерного типа. Например, при переходе от коллекторно-спирального к камерному гидравлические потери уменьшаются на 81,8%, а высота подогревателя на 54,8%. При этом камерный подогреватель имеет меньшие размеры и металлоемкость.

Комплексный показатель Кирпичева эффективности теплообменников также свидетельствует об отношении мощности подогревателя (полезной работы) к энергозатратам на прокачку теплоносителя. Очевидно, что по этому критерию камерный подогреватель в 5 раз эффективнее.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Галашов Н.Н. Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций: учебное пособие / Н.Н. Галашов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. // Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 244 с.

Научный руководитель: А.В. Воробьев, к.т.н., доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ.

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ОТПУСКА ТЕПЛОТЫ ОТ ВЛАЖНОПАРОВОЙ ТУРБОУСТАНОВКИ АЭС

В.А. Веснин¹, О.Ю. Ромашова², П.А. Плаунов¹
Томский политехнический университет^{1,2}
ИШЭ, НОЦ Бутакова^{1,2}, группа 5Б8А¹

В России доля атомной генерации в настоящее время составляет 19% всего объема выработки электроэнергии. С использованием теплоснабжения от АЭС можно вытеснить неэкономичные ТЭЦ и котельные.

Цель работы – выбор наиболее экономичной схемы отпуска теплоты от влажнопаровой турбоустановки АЭС [1]. Подогрев сетевой воды – одноступенчатый.

Разработка схемы отпуска теплоты от АЭС на отопление решается двумя способами:

1. Подключение к одному из нерегулируемых отборов конденсационной турбины одноступенчатой сетевой установки (ПС-1). Данная схема изображена на рисунке 1.
2. Перевод конденсационной турбины в теплофикационно-конденсационную типа ТК и подключение ПС-1 к регулируемому отбору турбины. Данная схема изображена на рисунке 2.

Преимуществом отпуска теплоты из регулируемого отбора турбины является увеличение электрической мощности на тепловом потреблении при понижении давления в отопительном отборе p_t , в то время как в схеме с нерегулируемым отбором отсутствуют потери давления при дросселировании пара в