

ПОДОГРЕВАТЕЛЬ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ШИРМОВОГО ТИПА ДЛЯ БЛОКА С РЕАКТОРОМ ВВЭР

В.И. Слободчук, Д.А. Шальков

ИАТЭ Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Обнинск

В работе представлены тепловой, гидравлический, прочностной и массогабаритный расчеты подогревателя высокого давления ширмового типа для АЭС с реактором типа ВВЭР.

Ключевые слова: атомная электростанция, турбоустановка, регенеративный подогрев, подогреватель высокого давления, ВВЭР.

На сегодняшний день все крупные электростанции оборудованы системой регенеративного подогрева питательной воды, повышающей эффективность цикла на 10-15%. Конструкции подогревателей высокого давления, входящих в состав таких систем, можно свести к двум типам, каждый из которых обладает рядом недостатков. В этой связи ведется разработка новых типов подогревателей. В настоящей работе рассматривается конструкция ПВД ширмового типа с оценкой теплогидравлических характеристик подогревателя при работе в условиях второго контура АС.

Конструкция ПВД-Ш и схема движения рабочих сред в нем представлены на рисунках 1 и 2.

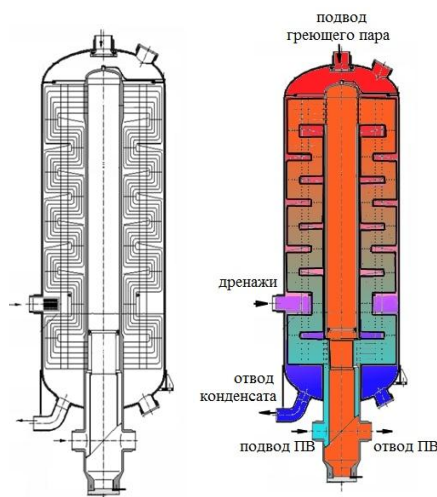


Рисунок 1 – Вариант конструкции ПВД-Ш и схема движения рабочих сред в нем

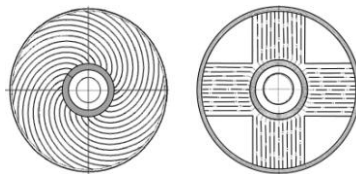


Рисунок 2 – Варианты расположения ширм в плане: эвольвентное (слева) и параллельное (справа)

При теплогидравлическом расчете основные параметры принимались на основе эксплуатационных данных турбины К-1200-6,8/50 (энергоблок №6, НВАЭС-2). Дополнительное приближение: конденсат греющего пара со следующего ПВД сбрасывается с температурой, минимально отличающейся от температуры насыщения греющего пара в меньшую сторону (отличие составляет **0,284**). Таким образом, при минимальном различии температуры двух потоков минимизируются потери энергии на смешение, дополнительно не происходит вскипание дренажа с вышестоящего ПВД, т.е. остается оптимальным

распределение расхода греющего пара в рассматриваемом подогревателе. Тепловой и гидравлический расчет проводился для трубки средней длины. Расчет был осуществлен по интегральным соотношениям для теплообмена и гидравлики. В тепловом расчете параметры греющего пара берутся на линии насыщения. Теплофизические свойства жидкости берутся по средней температуре. Прочностной расчет проводится без учета укрепления элементов, ослабленных отверстиями.

Основные характеристики подогревателя представлены ниже:

- конструкция включает 4 пучка теплообменных труб по 608 штук в каждом в шахматном расположении;
- коэффициент теплопередачи между паром и пит.водой составил 111,42 Вт/(м*К), между конденсатом и пит.водой – 49,61 Вт/(м*К);
- суммарная площадь теплообмена по конфигурации – 2145,4 м², требуемая площадь по условиям работы – 1901,1 м²;
- суммарные потери давления по тракту питательной воды составили 141,3 кПа;
- толщина корпуса максимальная (днища) – 0,04 м, толщина коллектора максимальная (перфорированная часть) – 0,105 м;
- габариты корпуса: наружный диаметр – 3,062 м, высота – 10,487 м;
- общая масса ПВД-Ш в сборе (без учета паровых вытеснителей) – 65 578,12 кг, для сравнения масса камерного ПВД-5 энергоблока №6 НВАЭС-2 составляет более 140 000 кг.

Материал корпуса – сталь 10ХН1М (низколегированная), коллектора – 10ГН2МФА (высоколегированная, коррозионно-стойкая), теплообменных труб – 08Х14МФ (высоколегированная, коррозионно-стойкая).

Предлагаемый вариант ПВД-Ш характеризуется тем, что данная конструкция проста в изготовлении, сборке и обслуживании, обладает высокой тепловой эффективностью, коррозионной и эрозионной стойкостью материалов, надежным креплением теплообменных труб, низкой металлоемкостью и, как следствие, высокой экономичностью и т.п. В подогревателе обеспечиваются условия для скоростного эффекта при конденсации, применяется наиболее эффективная противоточная схема движения сред, рабочий объем равномерно заполнен трубами. Из явных недостатков можно отметить лишь затруднения с контролем целостности теплообменных труб в силу их конструкции.

В заключение можно сделать вывод, что подогреватель ширмового типа является перспективной альтернативой существующим подогревателям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по эксплуатации системы регенерации высокого давления. – Турбинный цех №6 Нововоронежской АЭС, 2014.
2. Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике. Том 1. Теплогидравлические процессы в ЯЭУ [Текст] / П.Л. Кириллов, В.П. Бобков, А.В. Жуков, Ю.С. Юрьев – Москва : ИздАт, 2010. – 776 с.
3. Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям [Текст] / М.О. Штейнберг. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1992. – 672 с.
4. Зубченко, А.С. Марочник сталей и сплавов. 2-е изд., доп. и испр. [Текст] / А.С. Зубченко [и др.]. – Москва : Машиностроение, 2003. – 784 с.

The Tube Platen Type of VVER Plant High-Pressure Preheater

V.I. Slobodchuk¹, D.A. Shal'kov²

IETI the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI», Obninsk

¹*vislobodchuk@mephi.ru*

²*dmitryshalkov@yandex.ru*

Abstract – The paper presents thermal, hydraulic, strength and mass-dimensional calculations of the tube platen type of VVER plant high-pressure preheater.

Keywords: nuclear power plant, conventional island, heat regeneration, high-pressure preheater, VVER.