

Теплогидравлические процессы в промежуточных сепараторах–пароперегревателях влажнопаровых турбин АЭС

Егоров Михаил Юрьевич¹

студент

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, физико-механический факультет, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: egorov12m2u@mail.ru

В турбинах АЭС с РБМК–1000 для осушки и перегрева пароводяной смеси применяются промежуточные (между цилиндрами) сепараторы–пароперегреватели СПП–500–1. Опыт эксплуатации показал недостаточный уровень их надёжности.

В работе представлен сравнительный анализ теплогидравлических процессов в конструкции модульного типа пароперегревателя с прямыми трубками и верхним расположением сепарационной части (СПП–500–1) и конструкции змеевикового типа пароперегревателя и периферийным расположением сепаратора (СПП–500). Исследование проводится нами на основе собственных теплогидравлических расчётов [1] и анализа длительного опыта эксплуатации СПП на АЭС.

Определяющее влияние на величину коэффициента теплопередачи оказывает коэффициент теплоотдачи со стороны нагреваемой среды α . В СПП–500–1 нагреваемая среда движется внутри труб модулей пароперегревателя со скоростью $v \sim 45$ м/с. При этом устанавливается турбулентный режим течения с числами Рейнольдса $Re_1 \sim 6 \cdot 10^4$ для 1 ступени и $Re_2 \sim 4 \cdot 10^4$ для 2 ступени, сопровождающийся теплообменом со стенками труб с интенсивностью $\alpha \sim 350 \div 400$ Вт/(м²°С). В СПП–500 теплообмен со стороны нагреваемой среды происходит при поперечном обтекании горизонтальных коридорных пучков труб при скорости $v_1 \sim 24$ м/с для 1 ступени и $v_2 \sim 40$ м/с для 2 ступени, что соответствует турбулентному режиму течения с $Re_1 \sim 4.8 \cdot 10^4$, $Re_2 \sim 5.7 \cdot 10^4$. Рекомендуемые в [2] зависимости дают $\alpha_1 \sim 440$ Вт/(м²°С) и $\alpha_2 \sim 590$ Вт/(м²°С).

Проведённое исследование показало, что теплогидравлические процессы в СПП–500–1 и СПП–500 оказывают значительное влияние на достижение необходимой температуры перегрева пара на входе в цилиндр низкого давления турбины и на надёжность турбоустановки. Теплообмен в СПП требует специальной организации с помощью конструктивных решений. Примером конструктивного решения, позволяющего рационально и эффективно обеспечить низкую влажность (менее 1 %) и отсутствие её концентрации в потоке нагреваемой среды, а также относительно интенсивный теплообмен со стороны нагреваемой среды при устойчивом протекании теплогидравлических процессов, является СПП–500.

Модернизация системы промежуточной сепарации и перегрева влажнопаровых турбин АЭС [3] — сложная научно-техническая задача. Актуальность обеспечения надёжной работы турбоустановок АЭС приводит к необходимости дальнейших исследований теплогидравлических процессов в СПП.

Литература

1. Егоров М.Ю., Федорович Е.Д., Прохоров В.А. (2006) Теплообмен в пароперегревателях СПП–500, СПП–500–1 // В сб. Полярное сияние—2006 / М.: МИФИ.
2. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. (2005) Тепломассообмен. М.: МЭИ.
3. Егоров М.Ю., Федорович Е.Д., Прохоров В.А. (2006) Промежуточные сепараторы—пароперегреватели турбин Ленинградской АЭС: модернизация конструкций на основе опыта эксплуатации // В сб.: Фундаментальные исследования в технических университетах / СПб.: Изд-во Политехн. ун-та.

¹ Автор выражает признательность профессору, д.т.н. Федоровичу Е.Д. за помощь в подготовке тезисов.