

50-я научная конференция МФТИ

Факультет проблем физики и энергетики

Секция физики высоких плотностей энергии

УДК 621.18

Егоров М.Ю.¹, Федорович Е.Д.^{2,1}

¹ Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

² НПО по исследованию и проектированию энергетического оборудования
им. И.И. Ползунова

О модернизации систем ПСПП влажнопаровых турбин АЭС с РБМК-1000

До настоящего времени в турбинах АЭС с РБМК-1000 для осушки и перегрева применяются СПП-500-1, исчерпавшие ресурсы обеспечения собственной надёжности и эффективности. В данной работе авторы продолжают цикл исследований [1, 2] по повышению экономичности и увеличению эффективности работы турбин, предлагая модернизацию систем ПСПП на основе конструктивного принципа аппарата СПП-500.

Определяющее влияние на коэффициент теплопередачи в обеих ($i = I, II$) ступенях пароперегревателя СПП-500 оказывает коэффициент теплоотдачи нагреваемого пара (НП) $\alpha_{\text{нп}} = \text{Nu}\lambda/d$ [2], расчёту которого уделим особое внимание.

Для определения среднего значения теплоотдачи поперечнообтекаемых пучков гладких труб обычно рекомендуются обобщённые зависимости вида $\text{Nu} = C\text{Re}^m\text{Pr}^n$. В данном случае НП ($\text{Re}_I \approx 4,8 \cdot 10^4$; $\text{Re}_{II} \approx 5,7 \cdot 10^4$) перегревается в межтрубном пространстве коридорных пучков ($\sigma_1 \approx 1,14$, $\sigma_2 \approx 1,11$), в литературе предложено: $\text{Nu} = 0,2\text{Re}^{0,64}\text{Pr}^{0,35}$ [3], $\text{Nu} = 0,22\text{Re}^{0,65}\text{Pr}^{0,36}$ [4], $\text{Nu} = 0,27\text{Re}^{0,63}\text{Pr}^{0,36}$ [5], $\text{Nu} = 0,2C_s\text{Re}^{0,65}\text{Pr}^{0,33}$ [6, 7], $C_s = [1 + (2\sigma_1 - 3)(1 - 0,5\sigma_2)^3]^{-2}$.

Как указано в [7], $C_s = 1$ при $\sigma_1 < 1,5$; в [6] это указание отсутствует, в нашем случае $C_s \approx 1,14$. Однако ни в одной из работ [3–7] не содержатся сведения о точности величин, получаемых при использовании рекомендуемых соотношений.

Полученные значения составили $\text{Nu}_I \approx (200\text{--}250)$, $\text{Nu}_{II} \approx (220\text{--}280)$. Определённые по зависимостям, аналогичным [3], проектные значения составляют $\text{Nu}_I \approx 200$, $\text{Nu}_{II} \approx 220$. Таким образом, расчёт по зависимости [3] даёт наименьшие значения.

Конструктивная поверхность нагрева СПП-500 составляет $S_{\text{кI}} \approx 2140 \text{ м}^2$, $S_{\text{кII}} \approx 1220 \text{ м}^2$. Полученным по зависимостям [3–7] значениям чисел Nu соответствуют расчётные значения поверхности нагрева S_{pi} (рис. 1, 2).

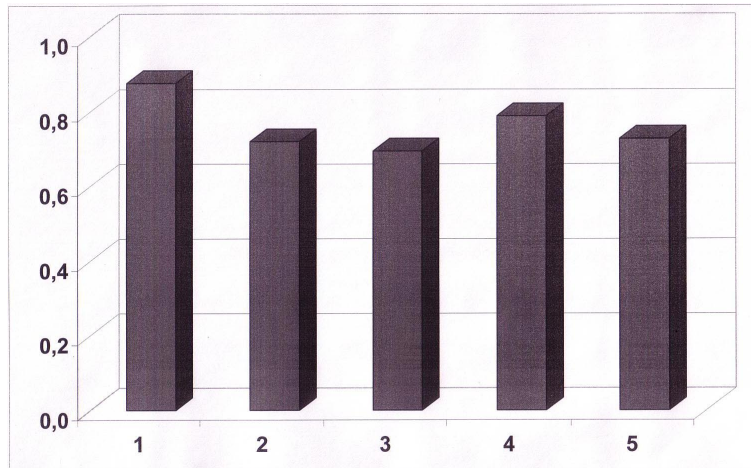


Рис. 1. S_{pi}/S_{ki} : 1 – [3]; 2 – [4]; 3 – [6]; 4 – [7], $C_s = 1$; 5 – [5]; $i = I$

Проведённым нами анализом конструктивных решений СПП-500 установлено:

1) проектные запасы поверхности нагрева $r_i = S_{ki}/S_{pi}$ равны $r_I \approx 11\%$, $r_{II} < 1\%$;
 2) расчёт по зависимости [3] показал близкие к проектным запасы $r_I \approx 15\%$, $r_{II} \approx 1\%$;

3) расчёт по зависимостям работ позднего периода [4-7] показал более высокие запасы $r_I \approx (27-44)\%$, $r_{II} \approx (13-28)\%$, что можно рассматривать как преимущество СПП-500 перед СПП-500-1, проектные запасы которого ($r_I \approx 3\%$, $r_{II} < 1\%$ [8]) исчерпаны;

4) проектные гидравлические потери по тракту НП, габариты и масса СПП-500 не превышают соответствующие проектные показатели СПП-500-1 [8].

Результаты дают основания рекомендовать конструктивный принцип аппарата СПП-500 как перспективный при модернизации систем ПСПП в России.

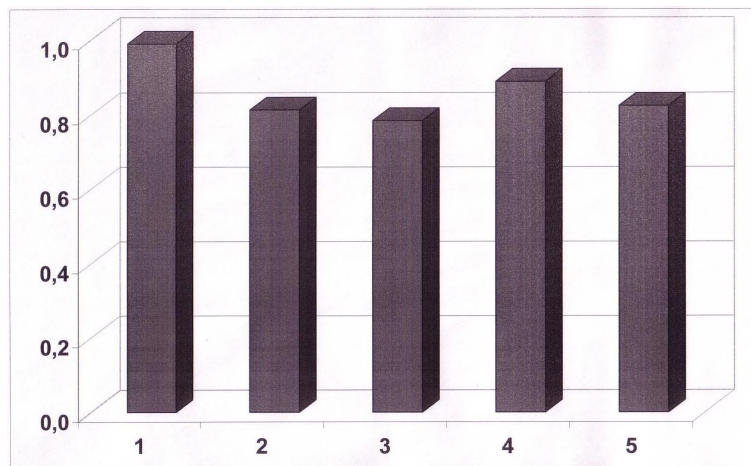


Рис. 2. S_{pi}/S_{ki} : 1 – [3]; 2 – [4]; 3 – [6]; 4 – [7], $C_s = 1$; 5 – [5]; $i = II$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Egorov M.* Geometric characteristics influence of the cross-flowed bundles on the heat exchange in separators–superheaters nuclear power plant turbines // Proceedings of the Baltic Heat Transfer Conference. — 2007. — V. 2. — P. 286–291.
2. *Егоров М.Ю.* Исследование теплогидравлических процессов в ПСПП влажно-паровых турбин АЭС с РБМК-1000 // Проблемы газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках. — 2007. — Т. 2. — С. 267–270.
3. *Маргулова Т.Х.* Расчёт и проектирование парогенераторов АЭС. — М.-Л.: ГЭИ, 1962.
4. *Мухеев М.А., Мухеева И.М.* Основы теплопередачи. — М.: Энергия, 1977.
5. *Кутателадзе С.С.* Теплопередача и гидравлическое сопротивление. — М.: Энергоатомиздат, 1990.
6. *Будов В.М.* Современные методы расчёта теплообменников // Гидродинамика и конвективный теплообмен в теплообменниках. — 1981. — С. 5–15.
7. *Мизгай В.К., Фирсова Э.В.* Теплообмен и гидравлическое сопротивление пучков труб. — Л.: Наука, 1986.
8. Рабочий проект. Подольский машиностроительный завод. — 1972. — 14 с.

Представленная выше версия доклада является ознакомительной.

Версию доклада, предназначенную для печати,
можно найти в факультетском сборнике трудов конференции.
Электронные материалы конференции публикуются по адресу
http://www.mipt.ru/nauka/conf50/plen_sections/