

УДК 621.165

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ КОНДЕНСАТОРОВ ПАРОВЫХ ТУРБИН ТЭС И АЭС

Ботько Е.Н., Жуковская А.А.

Научный руководитель – Нерезько А.В., ст. преподаватель

Многолетний опыт работы ТЭС и АЭС показывает, что высокая гидравлическая плотность конденсатора, является важным фактором обеспечения надежной и экономичной работы всей турбоустановки и энергоблока в целом. В первую очередь это связано с тем, что присосы охлаждающей воды провоцируют коррозионное растрескивание элементов парогенератора, и коррозионные повреждения элементов проточной части паровой турбины. Не меньшее влияние оказывает конденсатор и на экономические показатели турбоустановки в связи с ухудшением вакуума.

В условиях возросших требований к надежности оборудования ТЭС АЭС, и большими убытками, вызываемыми разгрузками или остановками турбин, связанные с нарушением гидравлической плотности, особенное значение придается обеспечению эффективной и надежной работа конденсационных установок.

Очевидно, что наличие блочной обессоливающей установки (БОУ) не снимает задачу обеспечения высокого качества теплоносителя. Более того, применение БОУ требует значительно больших дополнительных затрат, чем использование высокоплотных конденсаторов.

Надежная и экономичная работа конденсатора достигается:

- предотвращением образования отложений и поддержанием чистоты внутренней поверхности трубок
- снижением скорости коррозионных процессов конструкционных материалов
- своевременной диагностикой состояния трубной системы;
- усовершенствованием конструкции.

Поддержание чистоты поверхности трубок конденсатора обеспечивается правильностью выбора водно-химического режима и проведением очисток поверхностей теплообмена с оптимальной периодичностью. В таблице 1 представлены известные химические и физические методы очистки теплообменных аппаратов, с учетом вида отложений.

Таблица 1 – Методы очистки теплообменных аппаратов

Методы и средства очистки	Виды отложений		
	накипные	механические	биологические
Химическая очистка	+	-	-
Механическая очистка	+	+	+
Установка высокого давления	+	+	+
Гидравлический пистолет	-	+	+
Очистка пористыми шариками	+	-	+
Водовоздушная очистка	-	+	+
Термическая и вакуумная сушка	-	-	+
Скоростная промывка	-	+	+
Электро-гидроимпульсная очистка	+	-	-

Примечание: + используется; - не используется.

Выбор метода и технологии очистки теплообменного аппарата должен производиться с учетом его конструктивных особенностей, видов и причин загрязнения поверхностей, однако ни один из приведенных в таблице методов очистки нельзя отнести к оптимальному. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки и должен выбираться с учетом всех специфических особенностей работы конденсационных установок.

Применение новых конструкционных материалов с учетом особенностей конструкции конденсатора и исследований качества охлаждающей воды позволит снизить скорость коррозионных процессов. В настоящее время применяются коррозионностойкие металлы изображенные на рисунке

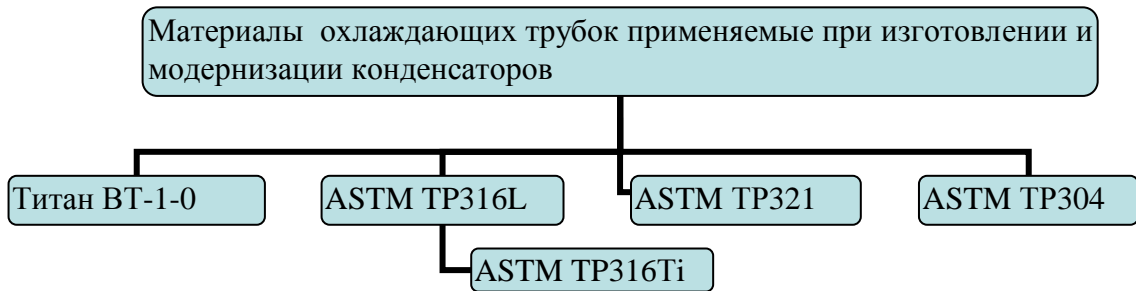


Рисунок 1 - Материалы охлаждающих трубок применяемые при изготовлении и модернизации конденсаторов

Выбор конкретно типа конструкционного материала определяется на основании показателей качества охлаждающей воды, конденсата и технико-экономического обоснования.

К мероприятиям, направленным на повышение эффективности и надежности работы установки можно отнести своевременную диагностику состояния трубной системы конденсатора. Из основных методов диагностики применяемых на ТЭС и АЭС можно выделить:

вихретоковый контроль с помощью зонда, перемещающегося внутри трубки по всей геометрической длине. Позволяет определить размеры дефекта с точностью до + 0,2 мм. Метод дорогостоящий, применим только во время ППР.

ультразвуковой микрофон ТУЗ-5М позволяет определить зону нахождения дефектных трубок (единичная трубка детектируется с трудом т.к. микрофон чувствителен к посторонним шумам). Прибор выполнен не герметичным и после нескольких поисков во влажной атмосфере один из двух приборов отказал.

контроль целостности трубок методом залива парового пространства конденсатора водой - только в ППР и только для потоков нижнего яруса;

поиск дефектных трубок под вакуумом при помощи тонкой полимерной пленки толщиной 3мкм. - по окончании ППР и периодически во время работы блоков (при ухудшении ВХР в конденсаторосборниках);

- исследование демонтированных трубок в лаборатории металлов.

Совершенствование конструкции конденсационных установок осуществляется на основе расчетно-экспериментальных разработок, конструкторско-технологических решений и опыта эксплуатации. Среди основных мероприятий можно выделить:

- обеспечение надежности и плотности закрепления труб (развальцовка и обварка охлаждающих труб в основных трубных досках)
- устранение влияния на герметичность конденсатора разности тепловых расширений охлаждающих труб и корпуса (применение линзового компенсатора);
- предотвращение стояночной коррозии (применение наклона труб);

- правильный выбор пролётов между трубными перегородками с целью уменьшения вибрации и применением эффективной компоновки трубных пучков обеспечивающих умеренные скорости пара;
- применение эффективной модульной компоновки трубных систем;
- организация приёма паро-водяных потоков вводимых в конденсатор с целью ликвидации размывов охлаждающих труб;
- поставкой трубных пучков блоками полной заводской готовности с обеспечением необходимого контроля и высокого качества.

В отличие от ранее применявшихся в конденсаторах турбин ленточных компоновок трубных пучков, для современных конструкций конденсаторов мощных турбин АЭС и ТЭС принята модульная компоновка трубных пучков, показавшая высокую тепловую эффективность и имеющую меньшие габариты и массу.

Кроме того, применение такой компоновки позволяет спроектировать конденсатор в блочном исполнении, позволяющем его транспортировку и монтаж в период капитального ремонта.

На рисунках 2 - 5 изображены компоновки трубных пучков разных производителей.

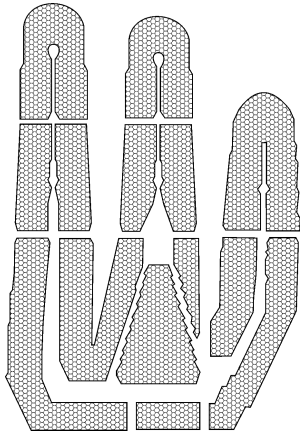


Рисунок 2 - Компоновка тр. Пучка «Турбоатом».

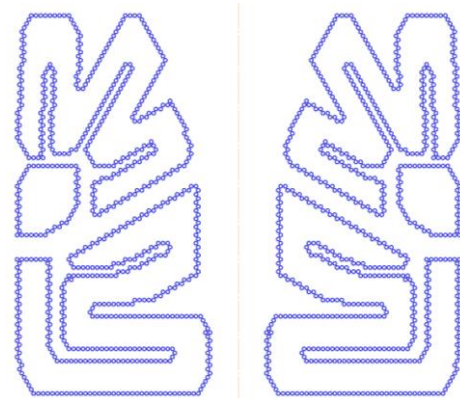


Рисунок 3 - Компоновка тр. пучка «JIMЗ»до 1975г

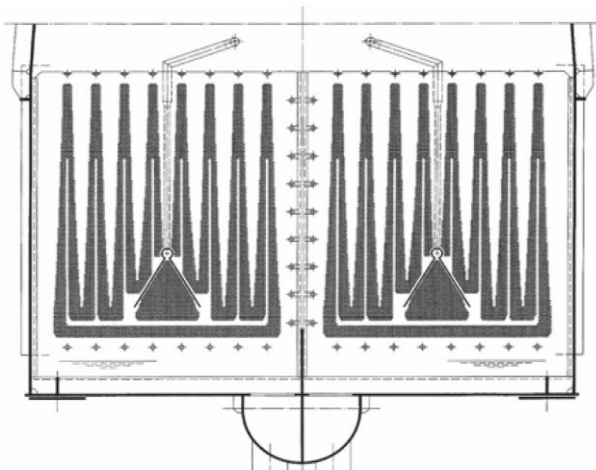


Рисунок 4 - Компоновка трубных пучков «Siemens»

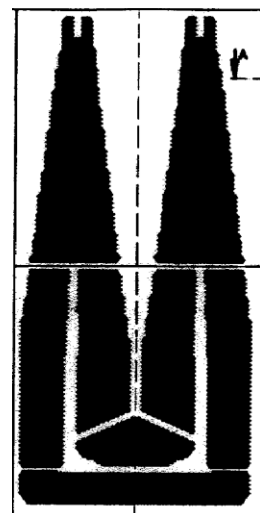


Рисунок 5 - Компоновка трубного пучка «BALCKE DÜRR»

Повышение надежности (гидравлической плотности) и теплотехнических показателей конденсаторов турбин ТЭС и АЭС в целом ряде случаев может быть достигнуто за счет поддержания чистоты внутренней поверхности труб, использования коррозионностойких металлов, своевременной диагностики состояния трубной системы и усовершенствования и конструкторско-технологических решений.

Литература

1. Руководящие указания по тепловому расчету поверхностных конденсаторов мощных турбин тепловых и атомных электростанций. РД.34.30.104-81. М.: СПО Союзтехэнерго, 1982.
2. Бродов Ю.М., Савельев Р.З. Конденсационные установки паровых турбин//М.: Энергоатомиздат. 1994.
3. Шкловер Г.Г., Мильман О.О. Исследование и расчет конденсационных устройств паровых турбин//М.: Энергоатомиздат. 1985.
4. Бродович К., Чаплички А. Расчёты и исследования работы конденсаторов паровых турбин // Теплоэнергетика. 1989. № 2. С. 74-76.
5. Денисов Э.П., Григорьев В.Ю. Влияние конденсата на процесс конденсации пара в трубных пучках // Теплоэнергетика. 2000. № 9.
6. Мильман О.О. Принципы создания высокоэффективного конденсатора пара // Теплообмен ММФ-92: 2. Минский международный форум. Т.10. 1992.
7. Бродов Ю.М. Повышение эффективности и надежности теплообменных аппаратов паротурбинных установок // Теплоэнергетика. 1998. № 1. С. 25-29.
8. Бродов Ю.М., Савельев Р.З. Анализ методик теплового расчета конденсаторов паровых турбин //Теплоэнергетика. 1981. №12. С. 59-61.