

Ю. Н. Зацаринная, Р. Р. Рахматуллин, М. Н. Хабибуллин

СНИЖЕНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

Ключевые слова: очистка питательной воды, испарители мгновенного вскипания, подготовка питательной воды.

В статье исследуются способы снижения себестоимости электроэнергии при помощи различной водоподготовки на ТЭС. Описывается устройство испарителей мгновенного вскипания.

Keywords: clearing of feedwater, instant boiling evaporators, feedwater preparing.

There ways are researched to reduce cost price of electric energy by means of different preparing of water on TES and construction of instant boiling evaporators are described in this argument.

В условиях рыночной экономики любое предприятие стремится быть конкурентоспособным на рынке. Первичными критериями конкурентоспособности являются качество и стоимость отпускаемой продукции. В свою очередь стоимость продукции зависит от себестоимости.

В себестоимость электрической или тепловой энергии, вырабатываемой на тепловой электростанции, входят все годовые затраты на ее эксплуатацию, приходящиеся на единицу вырабатываемой энергии.

Основные расходы ($I_{\text{общ}}$) включают в себя следующее: затраты на сжигаемое топливо ($I_{\text{топл}}$); материальные затраты без учета топлива ($I_{\text{мз}}$) - плата за пользование водными объектами, затраты на вспомогательные материалы; амортизационные отчисления ($I_{\text{а}}$); заработная плата обслуживающего персонала ($I_{\text{от}}$); затраты на социальные нужды ($I_{\text{сн}}$) - социальные выплаты и отчисления на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний; прочие расходы ($I_{\text{пр}}$) - отчисления в ремонтный фонд, оплата за землю и др. Также одной из составляющих материальных затрат является очистка воды. Очистка воды необходима для предотвращения отложений на внутренних поверхностях оборудования, защиты оборудования от коррозии при взаимодействии с паром и водой.

На тепловых электрических станциях водоподготовка включает в себя: осветление, обеззараживание, умягчение, обессоливание, деаэрация. Существует несколько методов водоочистки среди них выделяется три наиболее часто используемых: химический, мембранный и термический.

В современной Российской энергетике подготовка воды в основном осуществляется химическим методом. Эта технология довольно дорогостоящая, загрязняет окружающую среду, т.к. используется большое количество реагентов, которые после отработки сбрасываются в окружающую среду, требует большого количества обслуживающего персонала. На диаграмме 1 показана структура за-

трат при химической водоподготовке, рассчитанная на примере Казанской ТЭЦ-3. При этом себестоимость электроэнергии составляет 1098,16 руб/МВт*ч.

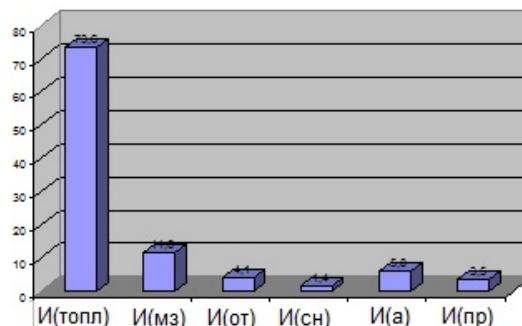


Диаграмма 1 - Структура затрат при химической водоподготовке

Также перспективными на сегодняшний день являются системы обратного осмоса. Однако срок службы мембран составляет 4-5 лет, после чего их необходимо менять, а их цена составляет 50-70% стоимости самой установки мембранной очистки воды. Для получения качественной воды (меньшее содержание), нужно увеличивать количество ступеней очистки, что значительно приводит к удорожанию установки. На диаграмме 2 изображена структура затрат при водоподготовке мембранным способом, рассчитанная на примере Казанской ТЭЦ-3. При этом себестоимость электроэнергии составляет 1033,85 руб/МВт*ч.

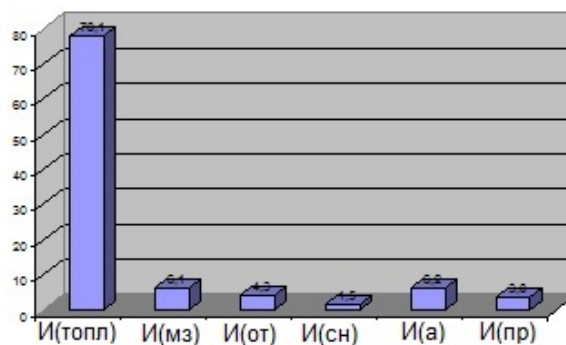


Диаграмма 2 - Структура затрат при водоподготовке мембранным способом

Некоторые из этих недостатков, а главное – уменьшение себестоимости водоподготовки, помогает решить термический метод очистки воды, основанный на работе деаэраторов и испарителей различного типа. Наиболее часто используемыми являются испарители мгновенного вскипания (ИМВ) – многоступенчатая установка для получения чистого дистиллята, основанная на вскипании перегретой воды при адиабатических условиях. На диаграмме 3 показана структура затрат при очистке воды при помощи ИМВ, рассчитанная на примере Казанской ТЭЦ-3. При этом себестоимость электроэнергии составляет 1040,99 руб/МВт*ч.

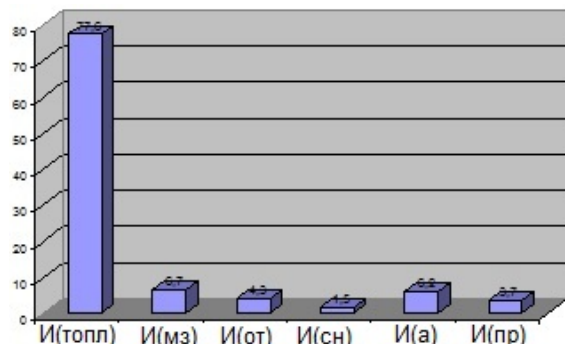


Диаграмма 3 - Структура затрат при очистке воды при помощи ИМВ

Расчеты были произведены по следующим формулам:

$$I_{\text{общ}} = I_{\text{топл}} + I_{\text{М.З}} + I_{\text{ОТ}} + I_{\text{С.Н}} + I_{\text{А}} + I_{\text{ПР}}$$

$$I_{\text{топл}} = C_{\text{дог}} \cdot B_{\text{н}}^{\Gamma}, \text{ где } C_{\text{дог}} - \text{договорная цена на топливо, } B_{\text{н}}^{\Gamma} - \text{годовой расход топлива.}$$

$$I_{\text{М.З}} = I_{\text{В.М}} + \text{ПЛ}_{\text{П.В}} + I_{\text{Т.В}}, \text{ где } I_{\text{В.М}} - \text{затраты на вспомогательные материалы, } \text{ПЛ}_{\text{П.В}} - \text{затраты на подготовку питательной воды, } I_{\text{Т.В}} - \text{плата за пользование водными объектами.}$$

$$I_{\text{ОТ}} = \chi_{\text{шт}} \cdot \Phi \text{ОТ}_{\text{ЧЕЛ}}^{\Gamma}, \text{ где } \chi_{\text{шт}} - \text{численность персонала, } \Phi \text{ОТ}_{\text{ЧЕЛ}}^{\Gamma} - \text{годовой фонд оплаты труда на одного человека.}$$

$$I_{\text{С.Н}} = I_{\text{С.В}} + I_{\text{С.Н.С}}, \text{ где } I_{\text{С.В}} - \text{социальные выплаты, } I_{\text{С.Н.С}} - \text{отчисления на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.}$$

$$I_{\text{А}} = \frac{H_{\text{А}}^{\text{РЕН}}}{100} \cdot C_{\text{ф}}, \text{ где } H_{\text{А}}^{\text{РЕН}} - \text{средняя норма амортизации на ревонацию в целом по станции (в процентах).}$$

$$I_{\text{ПР}} = I_{\text{РЕМ}} + I_{\text{ЗЕМ}} + I_{\text{ДР}}, \text{ где } I_{\text{РЕМ}} - \text{отчисления в ремонтный фонд, } I_{\text{ЗЕМ}} - \text{плата за землю, } I_{\text{ДР}} - \text{другие отчисления.}$$

Структуру затрат в процентном соотношении определяется по формуле: $\frac{I_{\text{ТОПЛ}}}{I_{\text{ОБЩ}}} \cdot 100\%$, остальные рассчитываются аналогично.

Себестоимость производства единицы продукции электроэнергии рассчитывается по формуле

$$S_0^{\text{э}} = \frac{I_{\text{э}}}{W_0}.$$

В настоящее время на территории республики Татарстан испарители мгновенного вскипания используются на двух энергетических предприятиях, на каждом из которых используется по 2 установки ИМВ-50/16: Казанская ТЭЦ-3 (ввод ИМВ в эксплуатацию в 2002 и 2003 г.) и Набережночелнинская ТЭЦ (ввод ИМВ в эксплуатацию в 2008 г.). На Казанской ТЭЦ-3 испарители утилизируют избыточный пар, полученный на испарителях МИУ-600, и очищают воду, получая дистиллят, пригодный для питания котлов высокого давления 13,8МПа. На Набережночелнинской ТЭЦ очищенную воду получают из выпара вакуумного деаэратора, что в свою очередь объясняет низкую стоимость водоподготовки.

Рассмотрим конструкцию термообессоливающей установки на примере ИМВ «Экотех», изображенной на рисунке 1, которая состоит из следующих элементов:

- испаритель ИМВ, в виде прямоугольных корпусов, количество и размеры которых выбираются в зависимости от требуемой производительности и экономичности (на рисунке под номерами 2 и 3);
- вакуумный деаэратор – устройство для удаления из воды растворенных газов, подвергающих оборудование коррозии (на рисунке под номером 5);
- головной подогреватель (на рисунке под номером 1);
- насосное оборудование – для обеспечения циркуляции концентрата и полученного дистиллята (на рисунке под номерами 4 и 7);
- эжекторный контур, ключающий в себя насос, эжектор и бак, необходимый для вакуумирования системы (на рисунке под номером 6);

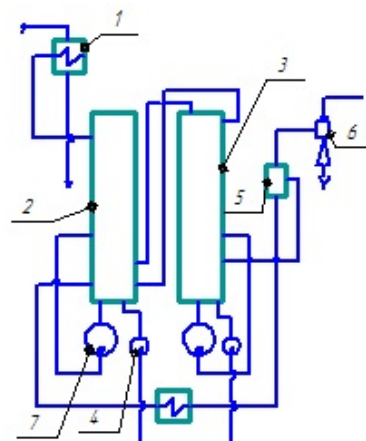


Рис. 1 – Конструкция термообессоливающей установки

Процесс дистилляции воды проходит три основных этапа:

- образование пара при адиабатном вскипании перегретой воды в расширителях;
- очистка пара в сепараторе;
- конденсация очищенного пара в конденсаторе.

Рассмотрим целесообразность использования ИМВ на примере Казанской ТЭЦ-3. При установке двух агрегатов ИМВ-50/16, стоимость которых в сумме составляет 50 млн. рублей, мы получаем стоимость очищенной воды 18 руб./м^3 , при том, что при химической водоподготовке 1 м^3 воды стоил 34,04 руб. Получаем, что стоимость водоподготовки на ИМВ более чем в два-три раза меньше, чем по технологии химической очистки. При производительности ИМВ 100 т/ч годовая экономия на Казанской ТЭЦ-3 составляет около 14,05 млн.руб. Произведя соответствующие расчеты, получаем, что стоимость оборудования полностью окупится за 3,56 года.

Таким образом, технологические, экологические и экономические преимущества водоподготовки на ИМВ объясняются следующими аспектами:

- в качестве источника тепла применяется отработанный низкопотенциальный пар с давлением 0,12-0,2 МПа;
- пар генерируется в условиях вакуума (низких температур);

- на одну тонну обессоленной воды затрачивается всего около 3 кВт энергии;
- срок службы оборудования – не менее 35 лет, при быстрой окупаемости (окупаемость оборудования 2-4 года).

Литература

1. Стерман Л. С., Покровский В. Н. Термические и химические методы обработки воды на ТЭС. – М.: Энергия, 1980.
2. ООО «Экотех» Термическое обессоливание и деаэрация воды.
3. Мошкарин А. А., Шувалов С. И. Блочные испарительные установки мгновенного вскипания/ А. А. Мошкарин, С. И. Шувалов // Вестник ИГЭУ. – 2005. - №1 – С. 1-7.
4. Храмова И.А., Шулаев М.В., Ипполитов К.Г., Емельянов В.М. Разработка лабораторных мембранных модулей для исследования очистки сточных вод/ И. А. Храмова, М. В. Шулаев, К. Г. Ипполитов, В. М. Емельянов // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. - №1 – С. 173-280.
5. Понкратова С.А., Емельянов В.М., Сироткин А.С., Шулаев М.В. Математическое моделирование и управление качеством очистки сточных вод/ С. А. Понкратова, В. М. Емельянов, А. С. Сироткин, М. В. Шулаев // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. - №6 – С. 76-86.
6. Гайфуллин Р.А., Преображенская Т.Н., Гайфуллин А.А., Харлампиди Х.Э. Регенеративные методы в процессе очистки сточных вод / Р. А. Гайфуллин, Т. Н. Преображенская, А. А. Гайфуллин, Х. Э. Харлампиди // Вестник Казанского технологического университета. – 2008. - №4 – С. 59-66.

© Ю. Н. Зацаринная – канд. тех. наук, доц. каф. электрических станций КГЭУ, доц. каф. автоматических систем сбора и обработки информации КНИТУ, zac_jul@mail.ru; Р. Р. Рахматуллин – студ. КГЭУ; М. Н. Хабибуллин – студ. КГЭУ.