

УДК 628.13

**ПРИМЕНИМОСТЬ ИСПАРИТЕЛЕЙ МГНОВЕННОГО ВСКИПАНИЯ НА
ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ
APPLICABILITY OF INSTANT BOILING EVAPORATORS ON WATER
PREPARATION SYSTEMS**

А.Ю. Жолнерович

Научный руководитель – И.А. Некало, ассистент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Zholnerovich

Supervisor – I. Nekalo, assistant
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: в статье рассмотрена возможность использования испарителей мгновенного вскипания в качестве ступени обессоливания водоподготовительных установок энергетических объектов; приведено сравнение удобства эксплуатации, эффективности обессоливания и доступности производства.

Abstract: the articles contains research on instant boiling evaporators applicability as desalination stage of water preparation systems of energy facilities; presented a comparison of ease of exploitation, desalination efficiency and availability of production and purchase.

Ключевые слова: водоподготовка, обессоливание, испарители мгновенного вскипания.

Keywords: water preparation systems, desalination, instant boiling evaporators.

Введение

Энергетические объекты, такие как тепловые электрические станции, использующие в качестве теплоносителя воду, вследствие естественных потерь в цикле одного, вынуждены подпитывать цикл природными водами для обеспечения постоянства расхода теплоносителя. Однако т.к. природные воды содержат в себе широкий спектр примесей различного рода, то для обеспечения надежности работы оборудования цикла требуется организация водоподготовительных систем.

В настоящее время наиболее распространены двух- и трехступенчатые системы водоподготовительных установок (далее – ВПУ), в которых в качестве 2-й и 3-й ступеней используются ионитные фильтры. В данном тезисе рассмотрена перспектива замены ионитных фильтров на испарители мгновенного вскипания (далее – ИМВ).

Основная часть

Принцип работы ИМВ заключается во вскипании воды, подающейся в камеру парообразования с температурой t_b , на несколько градусов превышающей температуру насыщения воды t_s в этой камере [1].

Обессоливаемая вода предварительно нагревается во вне- и внутрикорпусных змеевиках за счет теплоты конденсируемого вторичного пара, вырабатываемого испарителем, а после паром из отбора турбины. Подогрев

обычно проводится до температур от 40 до 100 °С. После этого подогретая вода поступает в камеру испарения, в которой поддерживается давление ниже атмосферного, от 0,08 до 1 атм [2]. Чем выше давление в камере, тем, соответственно, выше должна быть температура обессоливаемой воды на входе в камеру.

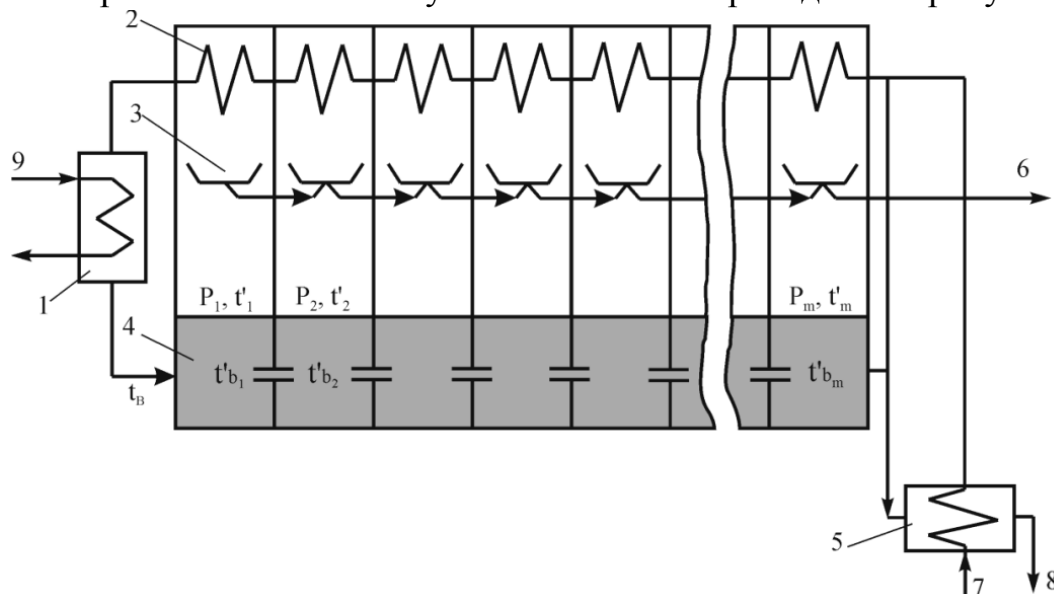
Из-за разности $\Delta t = t_B - t_S \geq 0$, часть воды мгновенно испаряется, поступает в верхнюю часть камеры и конденсируется на змеевике, подогревая подаваемую в камеру воду, после чего частично стекает в устройство сбора конденсата и отводится на нужды блока.

В ИМВ количество вторичного пара не зависит от числа камер, и определяется разницей температур воды на входе в ИМВ и температуры насыщения воды в последней камере $\Delta t_N = t_B - t_{S,N}$, а также расходом добавочной воды. При равных температурных перепадах и расходах, дистиллятопроизводительность одно- и многоступенчатого ИМВ будет схожей, однако затраты теплоты на единицу расхода добавочной воды у многоступенчатого ИМВ будут заметно ниже, что позитивно сказывается на экономичности основного цикла станции [1].

По причине малой эффективности очистки одноступенчатых испарителей, обычно они выполняются многоступенчатыми, с количеством камер до 40. Давление в каждой последующей камере P_{n+1} поддерживается меньшим, чем в предыдущей P_n , чтобы охлажденная в камере n вода, при попадании в следующую камеру снова имела температуру большую, чем температура насыщения воды в этой камере $t_{S,n+1}$. В качестве очищаемой воды в каждой ступени, кроме первой, выступает дренаж предыдущей ступени.

Из последней камеры организуется продувка в объеме 5–10% от расхода подготавливаемой воды G_B .

Схема простейшего многоступенчатого ИМВ приведена на рисунке 1.



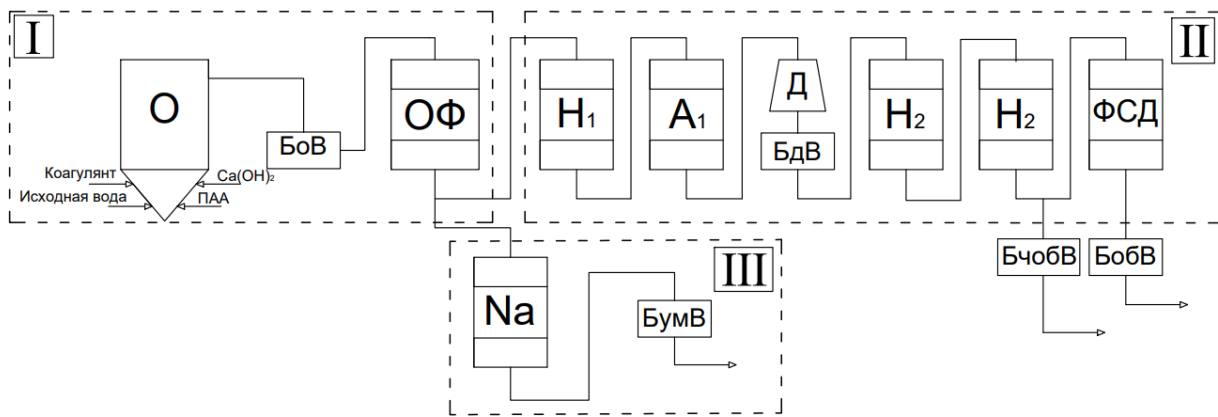
- 1 – теплообменник греющего пара, 2 – змеевик, 3 – устройство для сбора конденсата,
- 4 – водяной объем ступени испарителя, 5 – охладитель продувки, 6 – отвод дистиллята,
- 7 – подвод питательной воды, 8 – продувка, 9 – подвод греющего пара

Рисунок 1 – Схема многоступенчатого испарителя мгновенного вскипания:

Одними из основных преимуществ ИМВ, над испарителями кипящего типа являются во много раз меньшая скорость накипеобразования, вследствие малых температур нагревающих элементов; возможность достижения малых затрат энергии на выработку дистиллята путём увеличения числа ступеней испарения; простота конструкции; меньшая требовательность установки к периодической очистке и обслуживанию (межпромывочный период не более одного раза в 3–4 года); отсутствие опасности поражения персонала острым паром за счет поддержания вакуума в установке, и малых температур в паровом объеме испарителя [1].

Главным недостатком является металлоёмкость конструкции большинства ИМВ, которая, однако, уменьшается в конструкции башенных ИМВ.

На рисунках 2 и 3 приведены схемы стандартной трехступенчатой ВПУ с обессоливанием ионитными фильтрами, и предлагаемая.



I – зона предочистки, II – зона обессоливания, III – зона умягчения, O – осветлитель, ПАА – полиакриламид, ОФ – осветлительный фильтр, Н₁, Н₂ – катионитные фильтра, А₁, А₂ – анионитные фильтра, Д – декабронизатор, Na – натрий-катионитные фильтра, БоВ – бак осветленной воды, БдВ – бак декарбонизированной воды, БумВ – бак умягченной воды, БчобВ – бак частично обессоленной воды, БобВ – бак обессоленной воды

Рисунок 2 – Схема трехступенчатой ВПУ

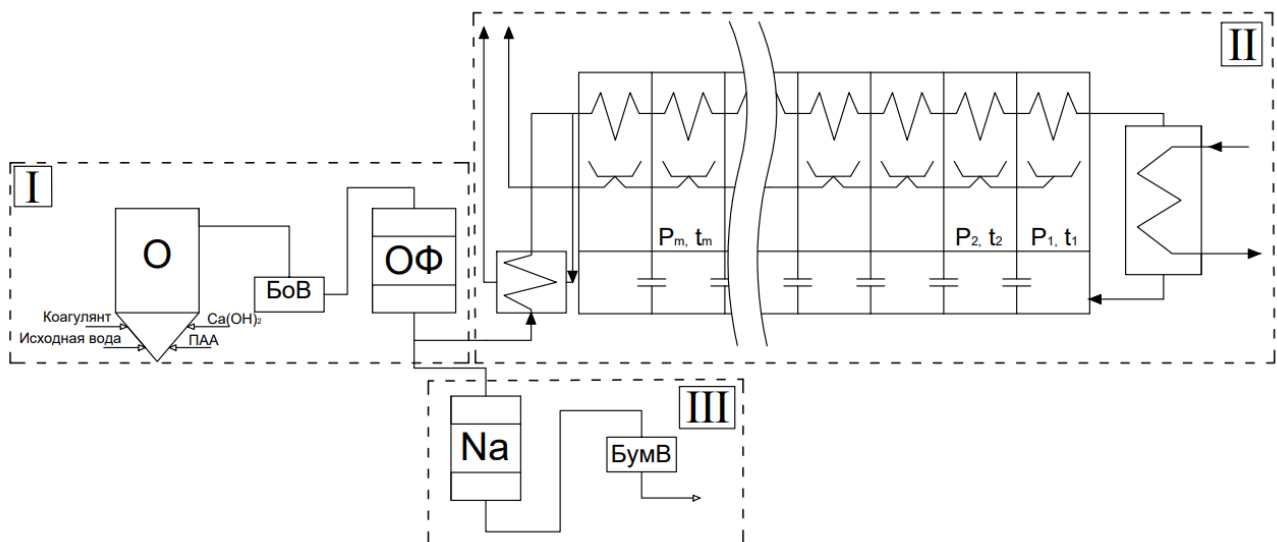


Рисунок 3 – Схема ВПУ с использованием ИМВ

Стандартная схема ВПУ состоит из первой ступени – предочистки, включающей в себя осветлители и осветлительные фильтры, очищающие воду от грубо- и коллоидно-дисперсных примесей, второй ступени – обессоливания на анионитных и катионитных фильтрах, и третьей ступени – обессоливания на фильтрах смешанного действия.

Вода после первой ступени очистки практически полностью очищается от органических, грубых и коллоидных примесей, имеет существенно меньшую концентрацию бикарбонатных ионов HCO_3^- , ионов жесткости Ca^{2+} и Mg^{2+} и свободной углекислоты CO_2 . Однако большая часть истиннорастворенных примесей остается в составе воды, и для их удаления используются ионообменные фильтры. Их принцип действия основан на способности зёрен ионита обменивать противоионы диффузионного слоя матрицы на противоионы примесей, растворенных в воде. Ионообменная смола представляет из себя дисперсную шариковую засыпку с диаметром гранул от 0,3 до 1,5 мм из полимерных материалов, нерастворимых в воде.

При химическом способе из добавочной воды почти полностью удаляются соли жесткости, но при этом хорошо растворимые соли удаляются лишь частично. Щелочность химически очищенной воды может приближаться к нулевой. Наиболее дорогие и сложные устройства необходимы для удаления кремниевой кислоты. Метод глубокого химического обессоливания позволяет получить воду, не уступающую по качеству конденсату турбины.

Т.к. ионообменные смолы являются органическими соединениями, то они являются малостойкими к высоким температурам (некоторые имеют практически нулевую работоспособность и при температурах до 20°C), что обуславливает необходимость тщательного контроля температуры в системе водоочистки [3]. При использовании ионообменных фильтров в системах очистки продувочной воды оборудования основного контура это является проблемой, т.к. ведет за собой необходимость предварительного снижения параметров продувочной воды, что приводит к неизбежным потерям теплоты. Потери частично можно снизить установкой расширителя продувки.

При химическом обессоливании добавочной воды требуется периодическая регенерация ионита, сопровождаемая его отмывкой, а значит производится большое количество дренажа и отмывочных вод, с высокой концентрацией примесей, которые контролируемо сбрасываются в окружающую среду, что является негативным экологическим фактором. В сравнении с химическим обессоливанием, испарители намного менее требовательны к периодическим отмывкам и производят меньшие объемы концентрата продувки (в 2–2,5 раза), который после испарителя представляется возможным направить на установки доупаривания, а после компактировать и утилизировать с минимальным воздействием на экологию [4].

Несмотря на возможность достижения малых затрат энергии на выработку дистиллята путём увеличения числа ступеней испарения, применение термического способа подготовки добавочной воды является менее экономичным как по начальным затратам, так и по эксплуатационным. Также

многоступенчатые испарители усложняют компоновку цеха ВПУ вследствие больших размеров (проблема минимизируется установкой башенных ИМВ) [5].

Преимуществом ИМВ над установками химводоочистки является его многофункциональность. ИМВ одновременно очищает воду от примесей, подогревает ее перед вводом в цикл, а также дегазирует ее, за счет подогрева воды до температуры насыщения. Таким образом в системах термической подготовки добавочной воды не требуется установка деаэрата или декарбонизатора.

Немаловажным преимуществом ИМВ можно считать простоту обслуживания. Ионитные фильтры периодически (от нескольких часов до нескольких дней) отключаются на регенерацию, что приводит к необходимости установки дополнительной ветви ступени, заменяющей отключаемую. ИМВ же требуют отмывки намного реже, и период ее проведения можно совместить с периодами проведения планово-предупредительных ремонтных работ [5].

Недостатком ИМВ в данный момент является их относительно малая распространённость, что влечет за собой трудности в подборе оборудования, т.к. изготовлением ИМВ занимается малое число предприятий, в числе которых ЭКОТЕХ, ЗАО ИКС А, Техэнергохимпром и др.

Заключение

Результатом анализа можно считать вывод о том, что ИМВ является конкурентной альтернативой ступени ионообменных фильтров в системах водоподготовки энергетических объектов.

Преимущества ИМВ:

- малая требовательность к обслуживанию и большие периоды проведения отмывок;
- отсутствие необходимости точного контроля параметров, т.к. работа установки не прекращается при изменении температурных режимов, а падение параметров в камерах можно компенсировать расходом добавочной воды на испарители;
- простота технологического процесса, отсутствие необходимости подбора реагентов под характеристики исходной воды;
- упрощение схемы ВПУ. Вместо системы из нескольких ветвей, содержащих в себе 2–4 фильтра, устанавливается одно многофункциональное устройство;
- экологичность. ИМВ производят меньшие объемы сбросов в ОС и не требуют использования химически опасных реагентов (кислот, щелочей, солей).

Недостатки ИМВ:

- большие начальные и эксплуатационные издержки;
- уменьшение экономичности основного цикла из-за использования потенциала турбинного пара, и неизбежных его потерь
- металлоемкость и сложность производства.

Литература

1. Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС: учеб. пособие / В.А. Чиж, Н.Б. Карницкий, А.В. Нерезько. – Минск: Вышэйшая школа, 2010. – 351 с.
2. Испарители мгновенного вскипания [Электронный ресурс] / Энергосбережение. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015014080/>. – Дата доступа: 01.10.2022.
3. Термическая стойкость ионитов [Электронный ресурс] / Энергосбережение. – Режим доступа: <https://chem21.info/info/912606/>. – Дата доступа: 02.10.2022.
4. Балансы пара и воды на КЭС. Добавочная вода и требования к ней [Электронный ресурс] / Энергосбережение. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/1761676/>. – Дата доступа: 02.10.2022.
5. Evaporators [Электронный ресурс] / Энергосбережение. – Режим доступа: <https://www.thermopedia.com/content/744/>. – Дата доступа: 02.10.2022.