

Раздел второй ОХРАНА ВОДНОГО БАСЕЙНА ОТ СБРОСОВ

2.2. Современные технологии водоподготовки на тэс и их экологическая оценка

2.2.3. Технология термической подготовки добавочной воды для подпитки энергетических котлов

Седлов А.С., МЭИ(ТУ); Шищенко В.В., институт ВНИПИэнергостром; Федосеев Б.С., ОАО «ВТИ»

Технология термической подготовки основана на дистилляции воды. В одном аппарате — испарителе — вода испаряется, в другом — конденсаторе — конденсируется. В испарителе в пар попадает минимальное количество солей, поступающих с исходной водой. Кроме того, пар перед поступлением в конденсатор с помощью специальных устройств очищается от примесей. Качество дистиллята, образующегося в конденсаторе, удовлетворяет нормам качества подпиточной воды энергетических котлов сверхвысокого давления.

В настоящее время в энергетике применяются испарители кипящего типа, которые используются для получения вторичного пара из химически очищенной воды. Процесс обессоливания реализуется в испарителях, которые являются одновременно конденсаторами греющего пара и испарителями. Для обеспечения надежной работы испарителей исходная вода должна пройти осветлители, натрий-катионирование и деаэрацию. Дистиллят вводится в цикл станции для восполнения потерь пара и конденсата [29, 30].

На энергоблоках мощностью 200, 300 и 800 МВт и отопительных ТЭЦ применяются блочные испарительные установки (БИУ). Установка подключается по первичному пару к отбору турбины, вторичный пар отводится в конденсатор испарителя *КИ*, включенный в линию основного конденсата турбины (рис. 2.3). Блочные испарительные установки могут быть одноступенчатыми или двухступенчатыми.

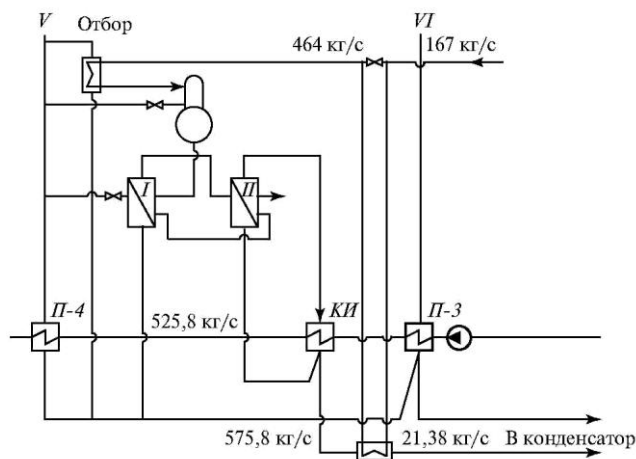


Рис. 2.3. Схема включения блочной испарительной установки конденсационного энергоблока

На блоках КЭС испарительная установка включается в систему основного конденсата по схеме «без потерь тепловой экономичности» (с конденсатором, установленным перед подогревателем низкого давления, питающимся из того же отбора, что и испарительная установка) и при давлении в испарителях выше атмосферного на всех нагрузках блока. Выбор схемы и типоразмера испарителя определяется потребностью в добавочной воде и условием поддержания температурного перепада в испарителе $\Delta t_{\text{и}} > 5^\circ\text{C}$ в рабочем диапазоне нагрузок.

На энергоблоках мощностью 800 МВт Пермской ГРЭС и Сургутской ГРЭС-2 (см. рис. 2.3) установлены двухступенчатые испарительные установки (ИУ) с испа-

рителями И-1000. Греющий пар подводится из отбора *V* турбины в греющую секцию первой ступени. Образовавшийся вторичный пар первой ступени перепускается во вторую ступень в качестве греющего. Вторичный пар второй ступени отводится в конденсатор испарительной установки, где конденсируется. Конденсатор установлен в системе регенерации теплоты между третьим *П-3* и четвертым *П-4* регенеративными подогревателями низкого давления.

На отопительных и промышленно-отопительных ТЭЦ применяют многоступенчатые установки, схема которых представлена на рис. 2.4. Первичный греющий пар подводится в первую ступень и там конденсируется. Из исходной химочищенной и деаэрированной воды образуется вторичный пар, который после очистки направляется во вторую ступень. Для последующих ступеней вторичный пар предыдущих ступеней является греющим. В греющих секциях испарителей он конденсируется, при этом образуется дистиллят. Многоступенчатые установки позволяют многократно использовать теплоту парообразования, подведенную к первой ступени.

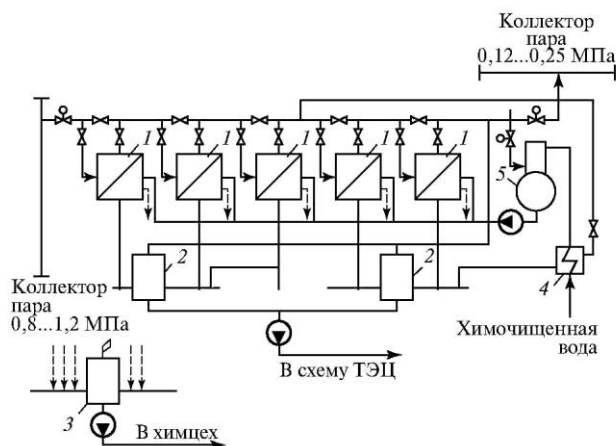


Рис. 2.4. Схема многоступенчатой испарительной установки промышленно-отопительной ТЭЦ:

1 — испаритель; *2* — расширитель дистиллята; *3* — расширитель продуквки; *4* — подогреватель химочищенной воды; *5* — деаэратор

На промышленных ТЭЦ с большим отпуском пара тепловому потребителю и низким возвратом конденсата пара рекомендуется устанавливать паропреобразовательные установки. Паропреобразовательные установки предназначены для производства пара для промышленного потребителя из химочищенной воды и сохранения конденсата пара на ТЭЦ. При этом исключается потеря рабочего тела ТЭЦ. Конструкция паропреобразователей аналогична конструкции испарителей, за исключением того, что они предназначены для более высоких давлений греющего и вторичного пара.

Выпуск испарителей для теплоэнергетики регламентирован ГОСТ 10731—85. Испарители и паропреобразователи выпускаются ОАО «ТКЗ «Красный котельщик» в г. Таганроге.

Кроме испарителей кипящего типа для производства добавочной воды котлов в энергетике применяются испарители мгновенного вскипания и горизонтально-трубные пленочные испарители. Источником первичного

тепла для них является пар при давлении 0,12...0,2 МПа либо вода с высокой температурой.

Горизонтально-трубные пленочные аппараты (ГТПА), применяемые в дистилляционно-опреснительных установках, предназначены для получения из морских и соленоватых вод дистиллята, пригодного для подпитки энергетических котлов и приготовления воды питьевого качества (рис. 2.5). Они использованы также во многих проектах для переработки минерализованных сточных вод различных предприятий, ТЭС, карьеров, шахт в целях повторного использования воды и защиты окружающей среды от загрязнений.

Горизонтально-трубные пленочные аппараты собраны в многоступенчатые установки. Греющий пар поступает в паровую камеру, распределяется по трубам теплообменного пучка и частично конденсируется в них. Часть греющего пара поступает в регенеративные подогреватели. Наружная поверхность труб теплообменного пучка с помощью распределительного устройства орошается водой. Распределительное устройство обеспечивает равномерную раздачу питательной воды по наружной поверх-

ности теплообмена паровой камеры. Вода образует пленку на поверхности теплообменных труб и испаряется из пленки. Вода из первого ряда труб стекает на второй ряд и так далее до последнего ряда. Вторичный пар проходит сепарационное устройство, где очищается от унесенных капель воды и поступает в следующую ступень. Неиспарившаяся часть воды стекает в нижнюю часть аппарата и подается для орошения теплообменного пучка в распределительное устройство второй ступени, затем, пройдя по всем ступеням, откачивается из последней ступени при помощи насоса. Питательная вода ГТПА предварительно нагревается в регенеративных подогревателях до температуры, близкой к температуре насыщения греющего пара. Вторичный пар первой ступени направляется во вторую и является для нее греющим паром и т.д. Вторичный пар последней ступени конденсируется в конечном конденсаторе.

Горизонтально-трубные пленочные аппараты (их прототип — дистилляционно-опреснительная установка с горизонтально-трубными пленочными аппаратами ДОУ ГТПА) разработаны ОАО «Машпром», г. Екатеринбург.

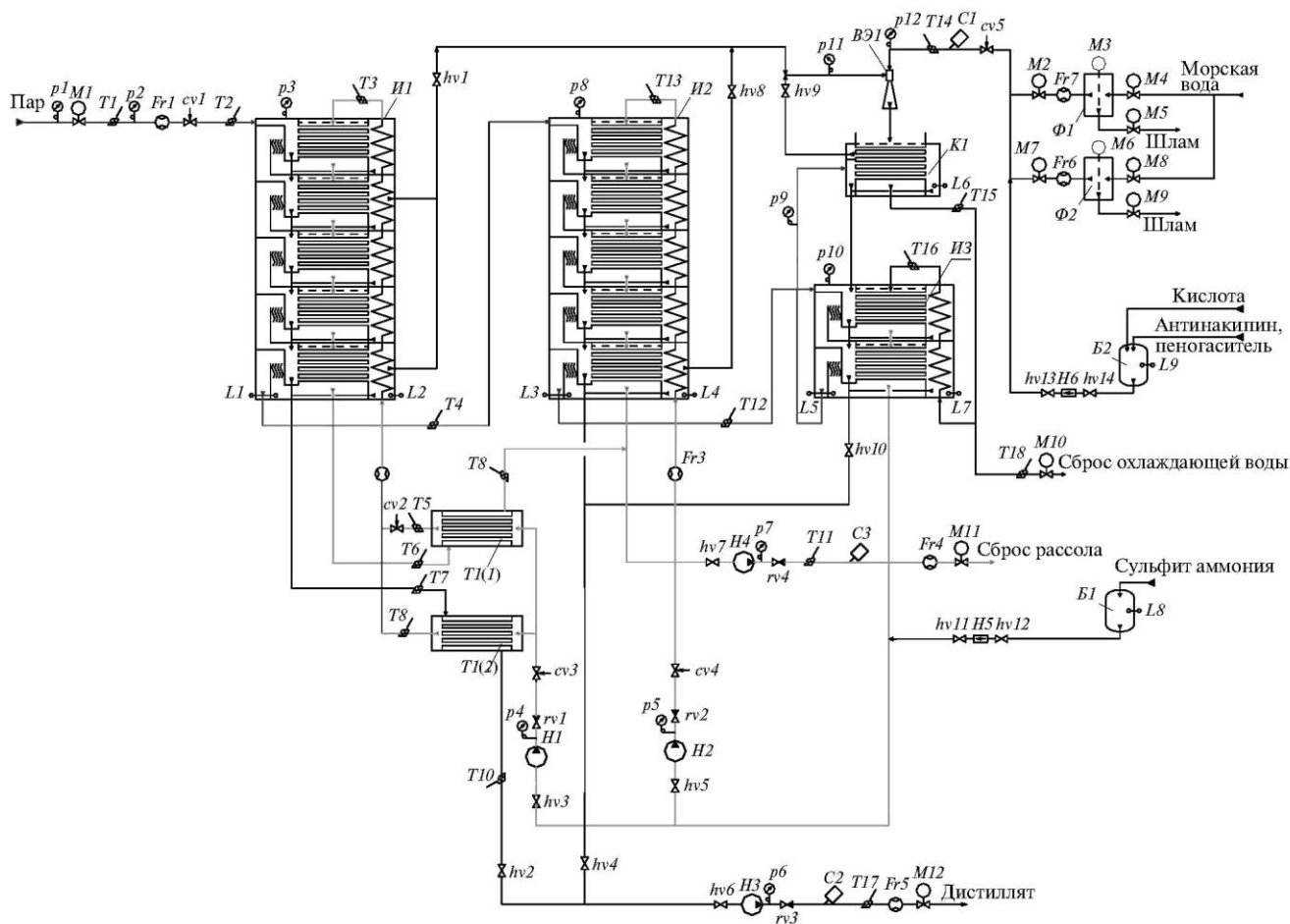


Рис. 2.5. Дистилляционно-опреснительная установка с горизонтально-трубными пленочными аппаратами: 1 — головной подогреватель; 2 — испаритель; 3 — эжектор; 4 — циркуляционный насос; 5 — дистиллятный насос

Другой тип — испаритель мгновенного вскипания (ИМВ) — многоступенчатая установка для получения чистого дистиллята, основанная на адиабатном вскипании перегретой воды. Такие испарители разработаны ОАО «Урал ВТИ» — ООО «Экотех⁹⁹» и поставляются в модульном исполнении. Для них в последние годы был отработан технологический процесс получения кондиционного (пригодного для питания котлов ТЭС) дистиллята. На Казанской ТЭЦ-3 находятся в промышленной эксплуатации два ИМВ производительностью по 50 т/ч. Ступень

ИМВ состоит из камеры расширения и камеры конденсации, которые разделены перегородкой. В перегородке имеется паровой канал с встроенным жалюзийным сепаратором. Перегретая вода через специальные переточные устройства поступает в камеру расширения и самопроизвольно вскипает в ней. Образовавшийся пар через паровой канал и жалюзийный сепаратор отводится в камеру конденсации. Неиспарившаяся часть воды через переточные устройства подается в следующую ступень с более низким давлением. Из последней ступени образо-

вавшийся пар отводится в концевой конденсатор. Схема БИУ с ИМВ представлена на рис. 2.6.

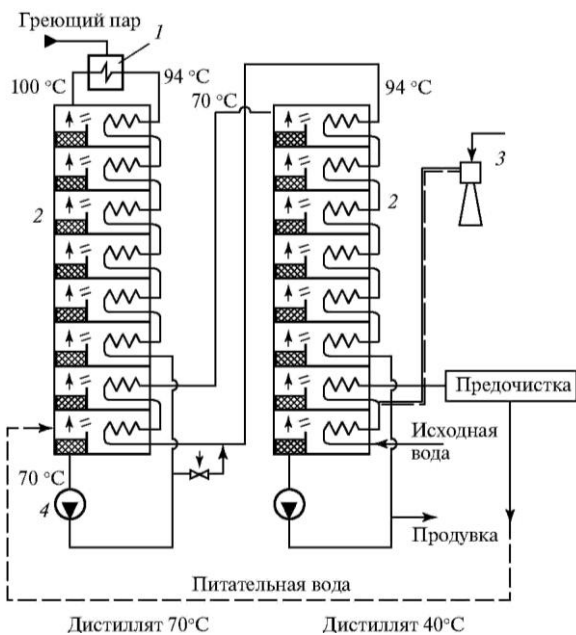


Рис. 2.6. Испаритель мгновенного вскипания ИМВ-50:
1 — головной подогреватель; 2 — испаритель; 3 — эжектор;
4 — циркуляционный насос

Горизонтально-трубный пленочный аппарат и ИМВ работают при низких давлениях, что делает эффективным использование их для утилизации теплоты, отработавшей в других установках. Они применяются на ТЭС как в автономных, так и в комбинированных установках, содержащих многоступенчатые испарительные установки кипящего типа и данные аппараты. Кроме того, ГТПА и ИМВ легко встраиваются в схемы подготовки подпиточной воды на ТЭС, регенерации теплоты в котлах-утилизаторах парогазовых установок.

Оптимальные схемы включения установок термического обессоливания воды в схемы тепловых электростанций разрабатывались на кафедре тепловых электростанций МЭИ [31, 32].

Экономически эффективно применение многоступенчатых испарительных установок при суммарном содержании анионов сильных кислот в исходной воде более 5 мг-экв/дм³. При наличии повышенного содержания органических соединений технология термического обессоливания может эффективно применяться для вод любого типа независимо от минерализации исходной воды и содержания в ней анионов сильных кислот. Блочные испарительные установки могут применяться для вод любой минерализации независимо от содержания анионов сильных кислот в них.

Многоступенчатые испарительные установки (МИУ) с испарителями кипящего типа применяются на промышленно-отопительных ТЭС. Блочные испарительные установки с испарителями кипящего типа применяются на конденсационных электростанциях. На отопительных ТЭС в системе подогрева сетевой воды рекомендуется применение БИУ с ИМВ и ГТПА. Испарители мгновенного вскипания применяются совместно с МИУ с испарителями кипящего типа для утилизации отработавшего тепла МИУ.

На предприятиях энергетики в схемах испарительных установок всех типов (многоступенчатых, блочных, паропреобразовательных) применяются вертикальные водотрубные испарители кипящего типа. Такие испарители отлажены и удовлетворительно работают в области дав-

лений вторичного пара, превышающих атмосферное. В то же время конструкция вертикально-трубных испарителей кипящего типа не предусматривает их эксплуатацию в вакуумных режимах, при этом наблюдается ухудшение их работы (нестабильность, снижение производительности при снижении температурного напора на греющей секции, отказ в работе уровнемеров, ухудшение качества дистиллята).

На отопительных ТЭС в зимних режимах эксплуатации теплофикационные турбины работают с противодавлением и давление в верхнем сетевом отборе превышает атмосферное. В таких режимах испарители, работающие в составе БИУ, отвечают предъявляемым к ним требованиям. В летних режимах давление в сетевых отборах существенно снижается, при этом температурный напор испарителей снижается и производительность БИУ падает. Кроме того, в ряде летних режимов верхний сетевой отбор турбоустановки и верхний сетевой подогреватель отключены. При отключении верхнего сетевого подогревателя происходит переключение испарителя по греющему пару в нижний сетевой отбор и переключение конденсатора испарителя на охлаждение обратной сетевой водой перед нижним сетевым подогревателем. При этом сохраняется высокая тепловая экономичность схемы. Однако при этом требуемой производительности достигнуть не удастся. Давление вторичного, а в ряде случаев и греющего пара оказывается ниже атмосферного.

Для того чтобы использовать в полной мере преимуществ БИУ для отопительных ТЭС, включенных «без потерь тепловой экономичности» (схема МЭИ), и избежать недостатков и отказов в работе в вакуумной области режимов сетевых теплофикационных отборов, необходимо применить в БИУ аппараты, предназначенные для работы в области низких давлений пара (0,01...0,1 МПа), а именно ИМВ и ГТПА, а также модернизировать тепловую схему БИУ в соответствии с конструктивными особенностями этих аппаратов.

По сравнению с технологией химического обессоливания технология термического обессоливания позволяет максимально сократить использование химреагентов и количество сбросных сточных вод, а также повторно перерабатывать мягкие стоки в дистиллят высокого качества. Технология обладает сравнимой с химобессоливанием экономичностью, а при высоком солесодержании исходной воды превосходит химобессоливание по экономической эффективности. Испарители часто применяются для утилизации сточных вод и химических веществ (хлоридов и сульфатов натрия).

К недостаткам следует отнести наличие избыточного вторичного пара, который необходимо утилизировать в тепловой схеме ТЭС, высокую металлоемкость аппаратов.

Многоступенчатые испарительные установки кипящего типа используются на Саранской ТЭС-2, Казанской ТЭС-3, Северо-Западной ТЭС, Омской ТЭС-5, ТЭС-7 Ленэнерго и др. Блочные испарительные установки размещены на блоках мощностью 800 МВт Пермской ГРЭС и Сургутских ГРЭС-1 и ГРЭС-2. На Казанской ТЭС-3 для утилизации вторичного пара МИУ и производства дистиллята установлены два испарителя мгновенного вскипания ИМВ-50 производительностью по 50 т/ч. Испарители применяются также в различных технологических схемах переработки промышленных сбросных вод [31—34].