

## Лекция 13

### Получение дистиллята в испарителях мгновенного вскипания

В испарителях мгновенного вскипания пар образуется не при кипении, а при вскипании, предварительно подогретой до температуры, превышающей на несколько градусов температуру насыщения воды в камере, в которой происходит парообразование.

Одноступенчатый испаритель мгновенного вскипания с принудительной циркуляцией (рис. 6.2) работает следующим образом. Исходная вода поступает в конденсатор 1, после которого часть ее направляется в камеру испарения 3. Циркуляционный насос 5 забирает воду из камеры испарения и прокачивает ее через подогреватель 6, возвращая воду через сопло 2 в корпус испарителя. При отсосе неконденсирующихся газов паровым эжектором 8 определяется снижение давления в камере ниже давления насыщения пара, вследствие чего происходит испарение с поверхности капель и зеркала. Сепарация капель влаги осуществляется в устройстве 7. Дистиллят откачивается из испарителя насосом 4, его количество в одноступенчатых установках примерно равно количеству конденсирующегося греющего пара.

Испарители мгновенного вскипания работают обычно на воде с затравкой или на воде, обработанной методом подкисления. Они могут быть как многоступенчатыми, так и одноступенчатыми, однако во всех случаях, когда применяется лишь упрощенный метод обработки питательной воды, отложения на поверхностях нагрева не образуются при температурах воды до 120 °С, т.е. когда давление в первой ступени не превышает 0,2 МПа. В одноступенчатых испарителях кипящего типа, когда температура питательной воды равна температуре насыщения в корпусе аппарата, количество вторичного пара равно примерно количеству конденсирующегося

греющего пара, а в многоступенчатой установке количество образующегося дистиллята в таких условиях пропорционально числу ступеней испарения.

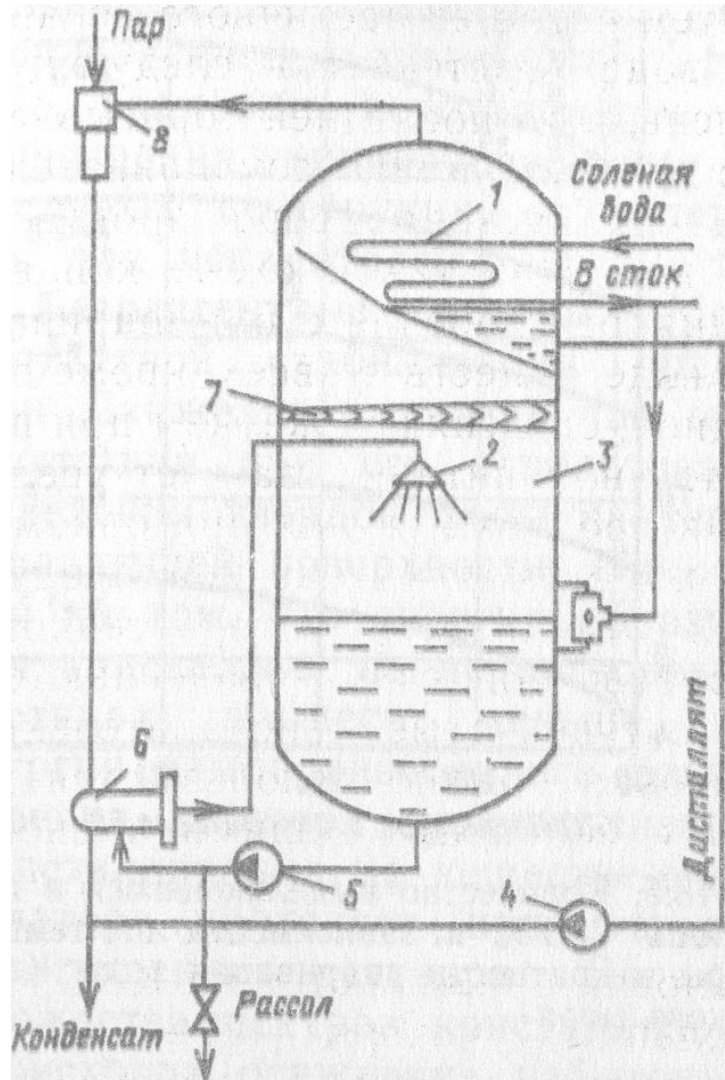


Рис. 6.2. Одноступенчатый испаритель мгновенного вскипания

В многоступенчатых испарительных установках мгновенного вскипания число ступеней доходит до 30-40. Однако в тех случаях, когда установка мгновенного вскипания включается в систему регенеративного подогрева питательной воды котлов, она может быть одноступенчатой или иметь несколько ступеней (до трех-четырех).

Испарители мгновенного вскипания обычно состоят из ряда ступеней испарения одной и той же конструкции. При этом камеры испарения группируются в нескольких многоступенчатых аппаратах. Пучки труб конденсаторов располагаются горизонтально в верхней части камер или вертикально в середине ее. При горизонтальном расположении конденсатора трубные пучки устанавливаются продольно по всей длине аппарата или поперечно в каждой камере его. В обоих случаях испаряющаяся в камере вода перетекает вдоль аппарата из одной камеры в другую, а образующийся пар до поступления в конденсатор отделяется от капель в сепараторе, расположенном в верхней части камеры вскипания. Конденсат пара собирается непосредственно под трубами конденсатора и перепускается из одной камеры в другую.

Испарители мгновенного вскипания можно сооружать по многоступенчатой схеме (рис. 6.3).

Вода, прошедшая упрощенную обработку, предварительно нагревается в змеевиках, обогреваемых конденсирующимся вторичным паром, и теплообменнике греющего пара, а затем поступает в первую ступень установки. Здесь поддерживается давление, при котором температура насыщения на несколько градусов ниже температуры поступающей воды. Вследствие этого часть поступившей воды испаряется. Образовавшийся пар конденсируется на поверхностях змеевиков, а вода перепускается в следующую ступень. Давление во второй ступени ниже, чем в первой, и некоторое количество воды вновь испаряется. Такой процесс повторяется в каждой ступени. Из последней ступени одна часть воды направляется на продувку, другая – на рециркуляцию. Дистиллят перепускается из одной ступени в другую и отводится из установки.

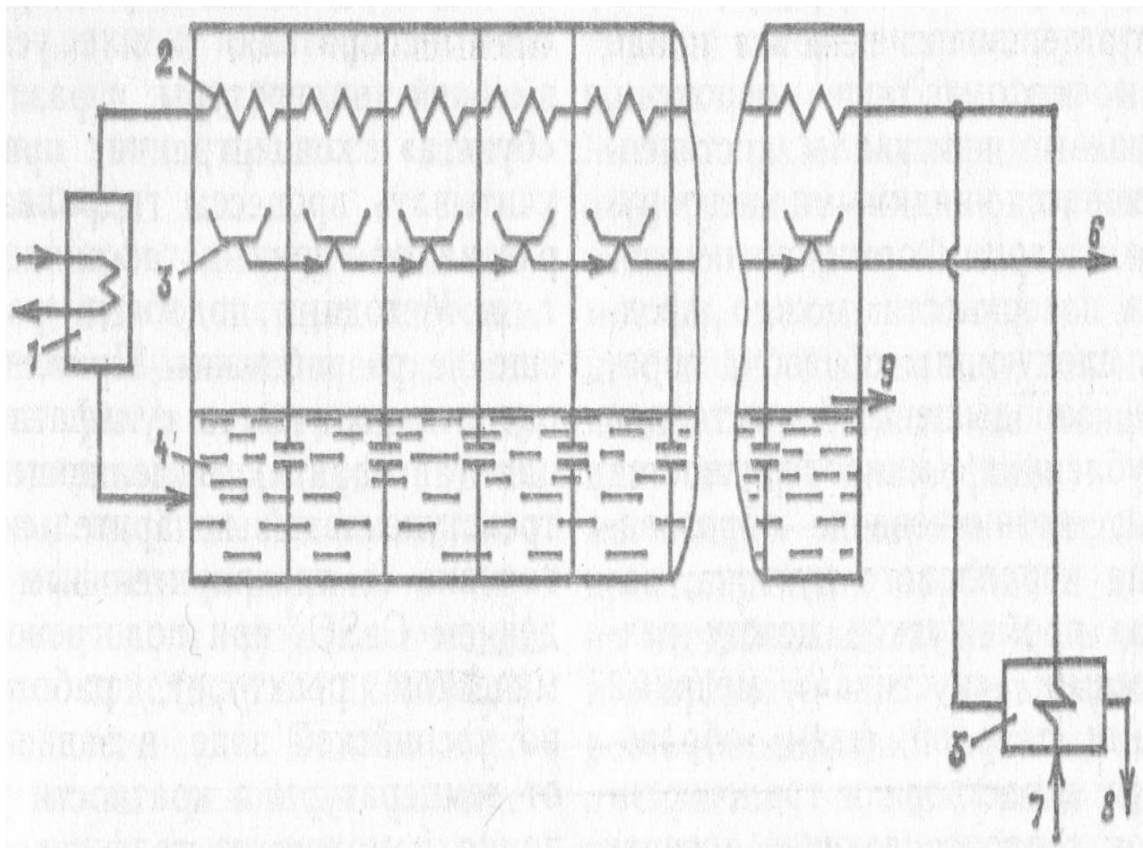


Рис. 6.3. Схема многоступенчатой испарительной установки мгновенного вскипания:

1 – теплообменник греющего пара; 2 – змеевик-конденсатор; 3 – устройство для сбора конденсата; 4 – водяной объем ступени испарения; 5 - охладитель продувки; 6 – линия отвода дистиллята; 7 – линия подвода питательной воды; 8 – линия продувки; 9 – линия к вакуумирующему устройству

В аппаратах с вертикальным расположением конденсатора (рис. 6.4) образовавшийся в камере вскипания пар направляется в конденсатор через перепускные окна. До поступления в конденсатор пар проходит жалюзийный сепаратор, где отделяется от большей части захватываемых им капель.

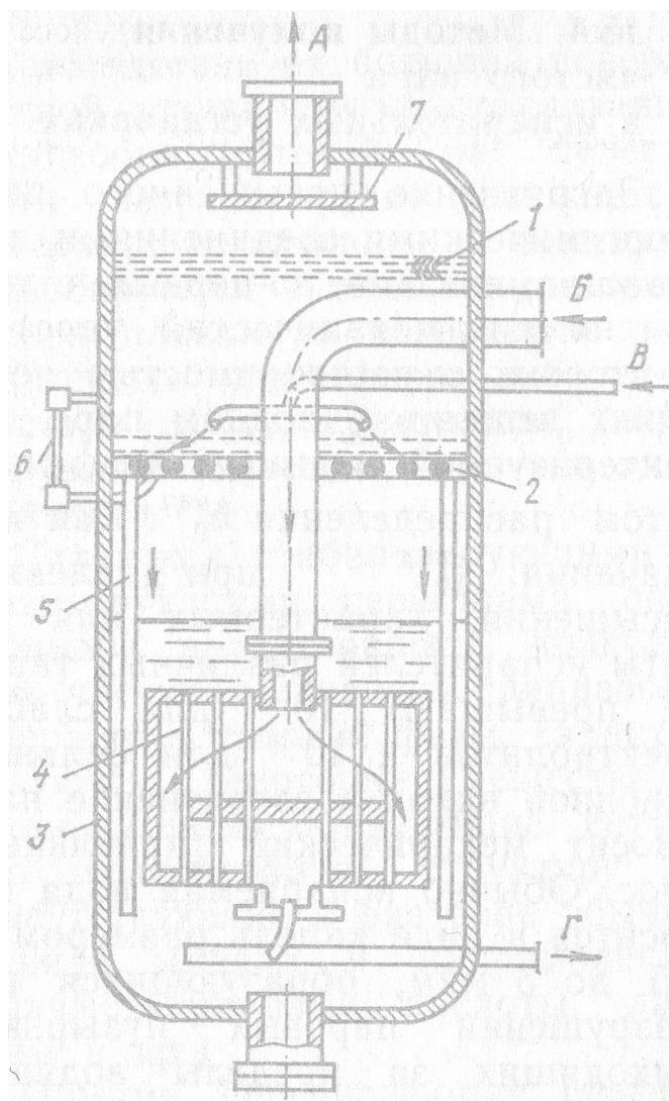


Рис. 6.4. Вертикальный испаритель типа ИСВ:

1 – жалюзийный сепаратор; 2 – паропромывочный дырчатый лист; 3 - корпус испарителя; 4 – греющая секция; 5 – опускная труба; 6 – водомерное стекло; 7 – пароприемный дырчатый щит; А – вторичный пар; Б – греющий пар; В – питательная химически очищенная вода; Г – конденсат греющего пара

### Качество дистиллята испарителей

Качество дистиллята испарителей определяется его общим солесодержанием, а также количеством кремниевой кислоты, содержащейся в 1 кг дистиллята. Наряду с этими показателями в дистилляте, поступающем в систему подогрева питательной воды котлов, нормируют концентрации

железа, меди, кислорода и углекислоты. В соответствии с Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей в дистилляте, используемом в качестве добавочной воды для котлов, соединений натрия в пересчете на натрий должно быть не более 100 мкг/кг, свободной углекислоты - не более 2 мкг/кг, а концентрация остальных составляющих должна быть такой, чтобы обеспечивалось выполнение норм качества питательной воды котлов, которые устанавливаются ПТЭ.

Требования к качеству питательной воды котлов зависят от типа котлов и давления, на котором они работают. Конденсат, возвращаемый с производства, не подвергается очистке, если при присоединении его к общему потоку питательной воды нормы качества питательной воды выдерживаются. Когда применяются устройства по очистке обратного конденсата, содержание примесей в обработанном конденсате не должно превышать значений, устанавливаемых нормами питательной воды котлов.

Нормы качества концентрата испарителей устанавливаются теплотехническими испытаниями. Предельные концентрации растворенных веществ в нем должны быть такими, чтобы обеспечить требуемое качество дистиллята и работу при практически безнакипном режиме.

#### Схемы испарительных и паропреобразовательных установок

При применении термического метода подготовки добавочной воды на КЭС чаще всего используются одноступенчатые испарительные установки, которые всегда включаются в систему регенеративного подогрева питательной воды паровых котлов; на ТЭЦ наряду с этой схемой применяется такая, при которой установка включается в систему подогрева сетевой воды. При работе по первой схеме греющий пар подводится к испарительной установке от регенеративного или регулируемого отбора турбины; когда установка включена в систему подогрева сетевой воды, пар подводится к ней от одного из теплофикационных отборов. В обоих случаях

могут применяться как испарители кипящего типа, так и ИМВ, однако в настоящее время здесь применяются в основном испарители, работающие на умягченной воде, в которых парообразование протекает в греющей секции.

### Водный режим испарительных установок

Одним из основных преимуществ применения метода термического обессоливания при подготовке добавочной воды для паровых котлов является снижение сбросов засоленных вод из-за меньшей затраты реагентов и уменьшения антропогенного воздействия на окружающую среду. Особенно это сказывается при обработке природных вод с повышенным содержанием солей. Применение испарителей при этом должно обеспечивать более низкие приведенные затраты на подготовку воды и надежность по сравнению с альтернативными вариантами. Но испаритель – теплообменный аппарат и его надежная и экономичная работа возможна лишь при осуществлении оптимального водного режима, при котором обеспечиваются условия для практически безнакипного и бескоррозионного режима эксплуатации. Интенсивность коррозии в испарительных установках снижается за счет установления оптимально глубокого удаления кислорода из питательной воды в деаэраторах, подбора конструкционных материалов и значения рН воды, согласованного с накипеобразованием. Сложнее обстоит дело со снижением интенсивности накипеобразования в подогревателях и трубах греющих секций испарителей.

Испарение воды в объеме испарителя приводит к повышению концентрации примесей, введенных с питательной водой. Часть примесей при этом меняет характер, газообразные примеси десорбируются вместе с паром. Увеличение концентрации примесей приводит к возможности образования твердой фазы в виде накипи на теплообменных поверхностях и в виде шлама в объеме воды. Основными накипеобразователями являются  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{Mg(OH)}_2$  и  $\text{Ca}_3\text{O}_4$ . В общем случае состав накипи зависит от

качества питательной воды и температурного режима работы испарителя. Особенно опасно образование сульфатной накипи из-за сложности ее удаления со стенок труб. Для предотвращения образования накипи при подогреве и испарении воды необходимо установление таких концентраций примесей, при которых исключается пересыщение. Такая концентрация по накипеобразователю в испарителе называется стационарной и условия ее установления зависят от качества питательной воды, значения продувки, конструкции испарителя, температурного режима его работы. Если качество природной воды не позволяет использовать ее непосредственно как питательную, то необходима установка для ее подготовки.

### Методы предотвращения накипеобразования в испарителях

Наиболее простым и действенным средством предотвращения пересыщения концентрата является продувка испарителя. Вместе с тем увеличение продувки сверх 1-3 % приводит к неоправданному увеличению тепловых потерь и увеличению расхода реагентов на подготовку питательной воды. Поэтому при расчете водного режима испарителя следует учитывать весь комплекс, включая установку для приготовления питательной воды. К эксплуатационным методам можно отнести поддержание оптимального водного режима, кислотные промывки испарителей и подогревателей при достижении определенной толщины накипи, применение рациональных схем питания испарителей. В частности, при последовательном питании первые по ходу воды испарители имеют большую продувку, а последние работают при пониженном давлении и даже вакууме, т.е. при низких температурах, что способствует уменьшению накипеобразования.

К специальным конструктивным мероприятиям относятся использование гладких труб, покрытие труб греющих секций гидрофобными материалами (бакелитовым лаком, эмальями и т.д.), вынесение зоны кипения



из греющей секции, применение испарителей мгновенного вскипания, пленочных испарителей и т. п. Наибольшее распространение получили способы, относящиеся к обработке воды и концентрата. При этом следует различать химические и физические способы. В качестве химических присадок используют различные щелочи и кислоты как органического, так и неорганического характера, причем чаще всего проводится подкисление воды. Основная цель при этом – ввести ион, который образует с ионами жесткости легкорастворимые соединения. Другой метод основан на замедлении роста кристаллов накипи, который наблюдается при вводе веществ – антинакипинов. Эти вещества, сорбируясь на поверхности кристаллов, препятствуют их росту, позволяя проводить водный режим при более низкой интенсивности накипеобразования. К таким веществам относятся ПАВ, сульфанол, трилон Б, различные модификации фосфатов. Широко применяется для защиты поверхностей нагрева от накипи ввод углекислого газа в воду, а также ввод “затравочных” кристаллов. Из физических методов наиболее известны термический, электромагнитный, ультразвуковой, методы, основанные на электрообработке воды. При помощи термического метода из воды удаляются перед вводом ее в испаритель карбонаты и сульфаты кальция путем нагрева воды и десорбции  $\text{CO}_2$  при пониженном давлении с осаждением твердой фазы. Электромагнитный метод с успехом применяется для предотвращения накипеобразования перед вводом воды в испарители. Практика показывает, что применение электромагнитной обработки воды позволяет в некоторых случаях снизить накипеобразование примерно в 2 раза.