

Водоподготовка

ДЕГАЗАЦИЯ ВОДЫ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- ✘ Удаление растворенных коррозионно агрессивных газов (O_2 , CO_2 и др.) из питательной воды паровых котлов, испарителей, паропреобразователей и подпиточной воды тепловых сетей является заключительной стадией водоподготовки и осуществляется путем термической деаэрации и химического обескислороживания. Удаление свободной CO_2 из воды применяется обычно в качестве промежуточного процесса обработки воды.
- ✘ Термическая деаэрация воды основана на законе распределения вещества между фазами и является частным случаем его приложения, согласно которому растворимость газа в воде с учетом его парциального давления в пространстве над водой характеризуется следующей зависимостью:

$$G = K_p p_r = K_p (p - p_{в.п}),$$

где G – растворимость газа в воде, мг/л или г/м³; K_p – коэффициент растворимости газа, зависящий от температуры воды, г/м³; p – суммарное давление газа и водяных паров в пространстве над водой, бар; $p_{в.п}$ – парциальное давление водяных паров в том же пространстве, бар; p_r – парциальное давление газа в том же пространстве, бар.

Как видно из выражения, растворимость газа в воде равна нулю, если $p_r = p - p_{в.п} = 0$ или когда $p_{в.п} = p$, что имеет место при кипении воды. Численное значение давления в пространстве над водой практически не влияет на эффект деаэрации. Поэтому термическую деаэрацию можно осуществить при давлении как выше, так и ниже атмосферного, если температура воды равна температуре кипения при данном давлении. Таким образом, казалось бы, достаточно подогреть воду до температуры кипения при данном давлении, чтобы удалить из нее растворенные газы. Однако доведение неподвижной воды до состояния кипения еще не обеспечивает полного удаления из нее растворенных газов даже в том случае, когда парциальное давление их над водой равно нулю. Это объясняется тем, что выражение не учитывает кинетики процесса деаэрации воды. Процесс термической деаэрации является сочетанием параллельно протекающих и сопряженных

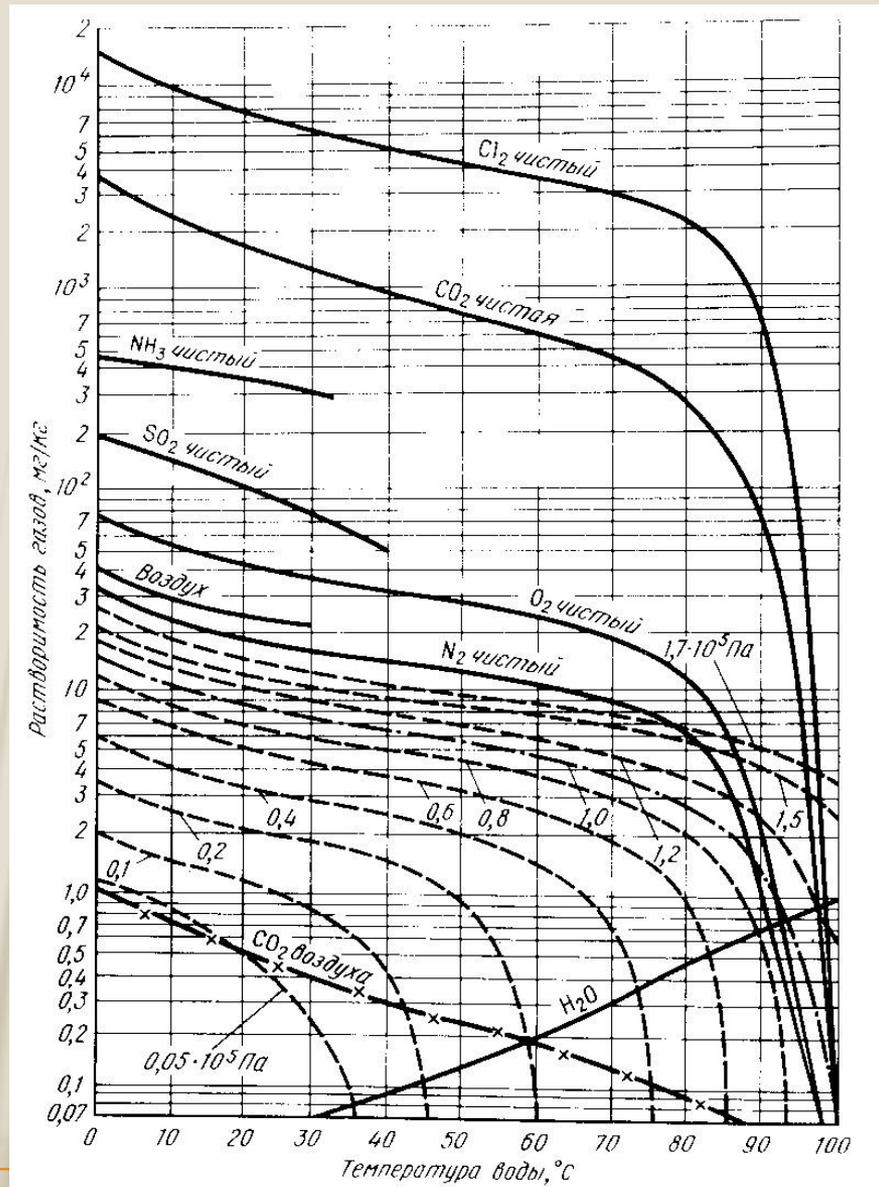
В целях улучшения условий выделения газов из воды необходимо максимально приблизить все частицы потока деаэрируемой воды к поверхности раздела фаз, с тем чтобы растворенные газы могли быстро переходить из воды в паровую фазу. Чем больше поверхность раздела вода—пар (или вода—инертный газ), через которую происходит десорбция коррозионно активных газов, тем быстрее система приближается к равновесию, т. е. тем полнее из воды удаляются растворенные газы.

Это достигается усилением турбулентности потока воды путем ее распыливания, разбрызгивания или сливания через мелкие отверстия и перегородки для деления ее на мелкие капли, тонкие струйки или пленки, что значительно увеличивает поверхность воды и облегчает удаление из нее газов. Увеличение поверхности соприкосновения воды с паром может быть достигнуто также путем барботирования через воду греющего пара, подаваемого под давлением через сопло или другие устройства. С ростом скорости греющего пара увеличивается динамическое воздействие парового потока на деаэрируемую воду, что способствует повышению термической деаэрации. С увеличением средней температуры деаэрируемой воды или температуры исходной воды снижаются вязкость и поверхностное натяжение воды и увеличивается коэффициент диффузии кислорода в ней, вследствие чего повышается значение коэффициента десорбции

Экспериментальным путем установлено, что на скорость десорбции газа влияют также индивидуальные свойства растворенного в воде газа и наличие в ней поверхностно активных примесей, определяющих значение поверхностного натяжения на границе раздела фаз. Наиболее трудно удалить из воды аммиак, растворимость которого при температуре 100°C примерно в 3 000 раз выше растворимости кислорода и в 150 раз выше растворимости углекислоты. Как показали испытания, степень удаления из воды аммиака путем термической деаэрации не превышает 8–10%. При совместном присутствии в деаэрируемой воде углекислоты и аммиака они образуют слаболетучий углекислый аммоний, что еще

Эффективность удаления из воды свободной углекислоты существенно ниже, чем эффективность удаления кислорода, особенно при наличии свободной углекислоты в греющем паре. Термическое разложение бикарбоната натрия начинается лишь после того, как из воды практически полностью удалена вся свободная углекислота. Для того чтобы обеспечить нормальное протекание процесса термического разложения бикарбоната натрия, необходимо отводить из воды выделяющуюся при этом углекислоту. Интенсивность удаления ее в свою очередь зависит от скорости ее десорбции, которая в конечном счете и определяет продолжительность процесса разложения

пунктиром показана растворимость кислорода воздуха; цифры на кривых означают давление в 10^5 Па; численные величины для NH_3 и SO_2 нужно умножить на 1000; H_2O — парциальное давление водяного пара (над водой) в долях единицы



РАСТВОРИМОСТЬ ГАЗОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ

Аппараты, предназначенные для термической деаэрации, называются термическими деаэраторами.

Деаэрация питательной воды может осуществляться также в конденсаторах паровых турбин.

Химическое обескислороживание воды осуществляется путем ввода в питательную воду котлов или в подпиточную воду тепловых сетей реагентов, которые способны переводить растворенный в воде кислород в устойчивые соединения, не обладающие коррозионно агрессивными свойствами.

Химическое реагентное обескислороживание осуществляют, как правило, после пропуска воды через термический деаэратор, где из нее удаляется основная масса растворенных газов. Химическое обескислороживание питательной воды после термической деаэрации дает возможность связать остатки кислорода, появляющиеся в воде при разладке режима работы термического деаэрата либо нарушении герметичности питательного тракта.

Во всех схемах H—Na-катионитного умягчения и ионитного обессоливания воды, как правило, предусматривается удаление из нее коррозионно агрессивной углекислоты, образовавшейся вследствие распада бикарбонатов. Удаление из воды растворенной углекислоты осуществляется путем ее аэрации, причем над поверхностью обрабатываемой воды создается возможно более низкое парциальное давление углекислоты. Для этого распыленную или раздробленную на отдельные капли или струйки воду обдувают воздухом. Так как в воздухе почти не содержится углекислоты, то при соприкосновении его с водой, содержащей свободную углекислоту, происходит десорбция последней из воды в воздух, который удаляет ее в атмосферу. Аппараты, предназначенные для удаления из воды свободной углекислоты путем ее аэрации, называются декарбонизаторами, а процесс удаления углекислоты — декарбонизацией.

ДЕАЭРАЦИЯ В ДЕАЭРАТОРАХ АТМОСФЕРНОГО И ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

ОСНОВНЫЕ УСЛОВИЯ НОРМАЛЬНОГО ПРОТЕКАНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕАЭРАЦИИ СЛЕДУЮЩИЕ:

- а) нагрев воды на 1 — 3 °С выше температуры кипения ее при давлении в деаэраторе;
- б) распыление воды на мельчайшие капли или создание тонкой пленки с целью облегчения и ускорения выхода из жидкости пузырьков выделившегося газа или многократное перемешивание воды — барботирование ее пузырьками пара при кипении в деаэраторном баке или в деаэраторной колонке;
- в) практически нулевое содержание удаляемых газов в газовой фазе (водяном паре), омывающей капли (струи), непрерывное и быстрое удаление пара (выпара) из дегазируемой жидкости при достаточном количестве его;
- г) достаточно длительное кипячение воды для удаления из нее свободной углекислоты, разложения бикарбонатов и карбонатов.

ТЕРМИЧЕСКИЕ ДЕАЭРАТОРЫ КЛАССИФИЦИРУЮТСЯ ПО ДАВЛЕНИЮ В АППАРАТЕ

- вакуумные
- атмосферные
- повышенного давления

КЛАССИФИКАЦИЯ ПО СПОСОБУ НАГРЕВА

смешивающего типа



перегретой воды



КЛАССИФИКАЦИЯ ПО СПОСОБУ КОНТАКТА

- струйные
- пленочные
- барботажные

КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ТИПУ НАСАДКИ

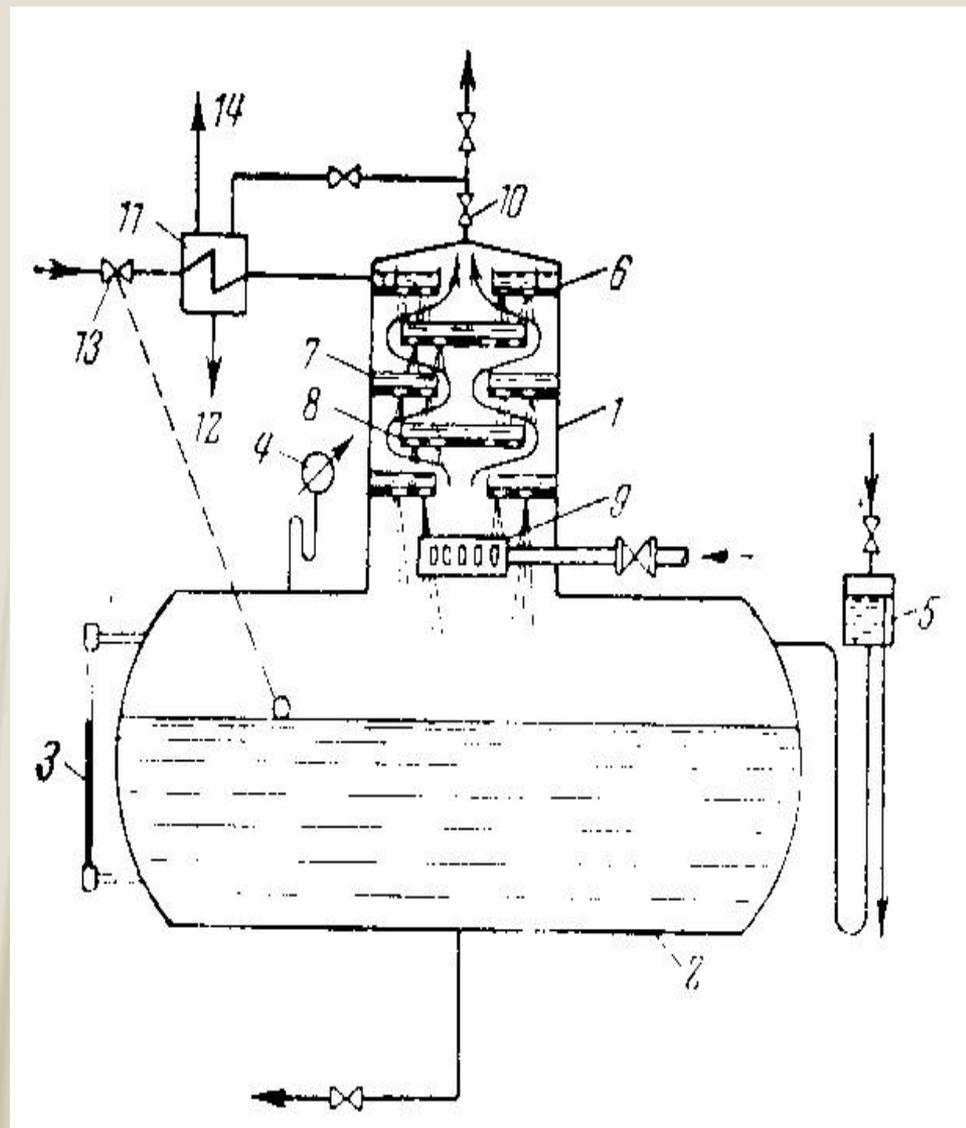
- упорядоченная
- неупорядоченная

КОНСТРУКЦИИ ТЕРМИЧЕСКИХ ДЕАЭРАТОРОВ ДОЛЖНЫ УДОВЛЕТВОРЯТЬ СЛЕДУЮЩИМ ТРЕБОВАНИЯМ:

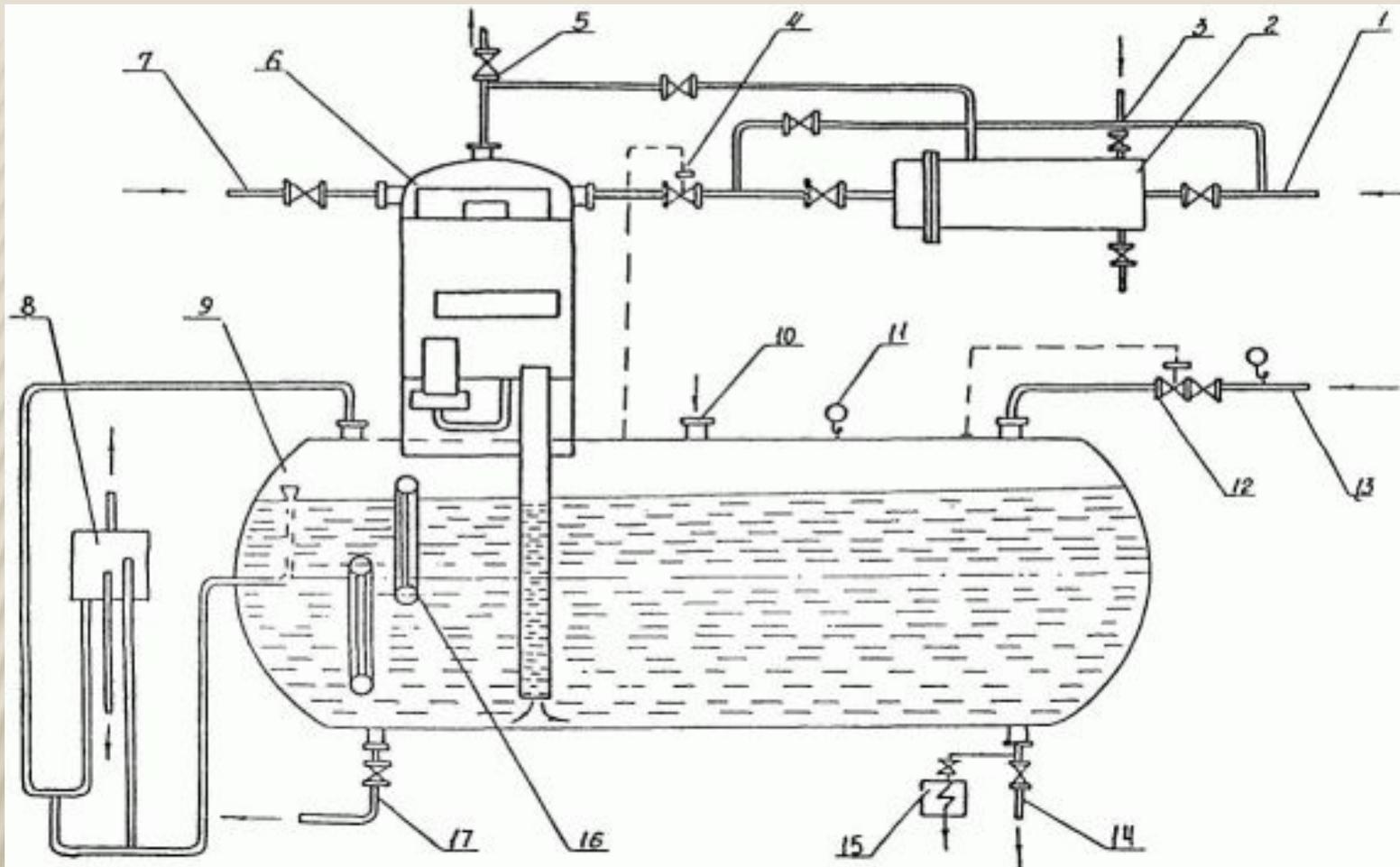
- надежный нагрев воды до температуры кипения ее, соответствующей давлению в деаэраторе;
- достаточное время, необходимое для выделения газов и разложения бикарбоната натрия;
- тонкое разбрызгивание воды с целью создания максимальной поверхности для выделения газов;
- хорошее удаление из деаэратора выделившихся из воды газов;
- точное регулирование подвода греющего пара для поддержания температуры кипения воды.

Деаэратор состоит из деаэраторной колонки 1, бака-аккумулятора 2 и охладителя парогазовой смеси 11. Деаэратор оборудован водоуказательным стеклом 3, манометром 4, термометром на выходе деаэрированной воды и гидравлическим затвором 5, предотвращающим образование в деаэраторе большого давления или вакуума (при остывании). В верхней части колонки установлено кольцообразное распределительное устройство 6, под которым расположены тарелки 7 и 8 с отверстиями диаметром 5—7 мм. Через эти отверстия стекает вода тонкими струйками, образуя дождевую завесу. Греющий пар поступает в нижнюю часть колонки через распределитель 9, откуда он поднимается навстречу падающему потоку дегазируемой воды, пересекая дождевую завесу. По мере продвижения греющего пара вверх происходит, с одной стороны, подогрев воды до температуры кипения и выделение из нее газов, с другой — конденсация пара с одновременным повышением в нем парциального давления удаляемых газов, которое в верхней части деаэраторной колонки достигает максимального значения.

Парогазовая смесь (выпар), состоящая из избыточной части греющего пара и выделившихся из воды газов, отводится из верхней части колонки через вентиль 10 в охладитель выпара 11, где пар конденсируется, отдавая тепло поступающей в деаэратор воде, а газы 14 удаляются в атмосферу. Конденсат 12, полученный в охладителе выпара, отводят обратно в деаэраторную колонку либо дренажные баки. Расположенный под деаэраторной колонкой бак-аккумулятор 2 служит сборником дегазированной воды. Постоянный уровень воды в нем поддерживается регулятором 13.



ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА АТМОСФЕРНОГО ДЕАЭРАТОРА СМЕШИВАЮЩЕГО ТИПА



1 — подвод химочищенной воды; 2 — охладитель выпара; 3, 5 — выхлоп в атмосферу; 4 — клапан регулировки уровня, 6 — колонка; 7 — подвод основного конденсата; 8 — предохранительное устройство; 9 — деаэрационный бак; 10 — подвод деаэрированной воды; 11 — манометр; 12 — клапан регулировки давления; 13 — подвод горячего пара; 14 — отвод деаэрированной воды; 15 — охладитель проб воды; 16 — указатель уровня; 17 — дренаж; 18 — мановакуумметр.

ПРИНЦИПАЛЬНАЯ СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ ДЕАЭРАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Схема включения атмосферных деаэраторов определяется проектной организацией в зависимости от условий назначения и возможностей объекта, на котором они устанавливаются. На рис. 2 приведена рекомендуемая схема деаэрационной установки серии ДА.

Химически очищенная вода 1 через охладитель выпара 2 и регулирующий клапан 4 подается в деаэрационную колонку 6. Сюда же направляется поток основного конденсата 7 с температурой ниже рабочей температуры деаэратора. Деаэрационная колонка устанавливается у одного из торцов деаэрационного бака 9. Отвод деаэрированной воды 14 осуществляется из противоположного торца бака с целью обеспечения максимального времени выдержки воды в баке.

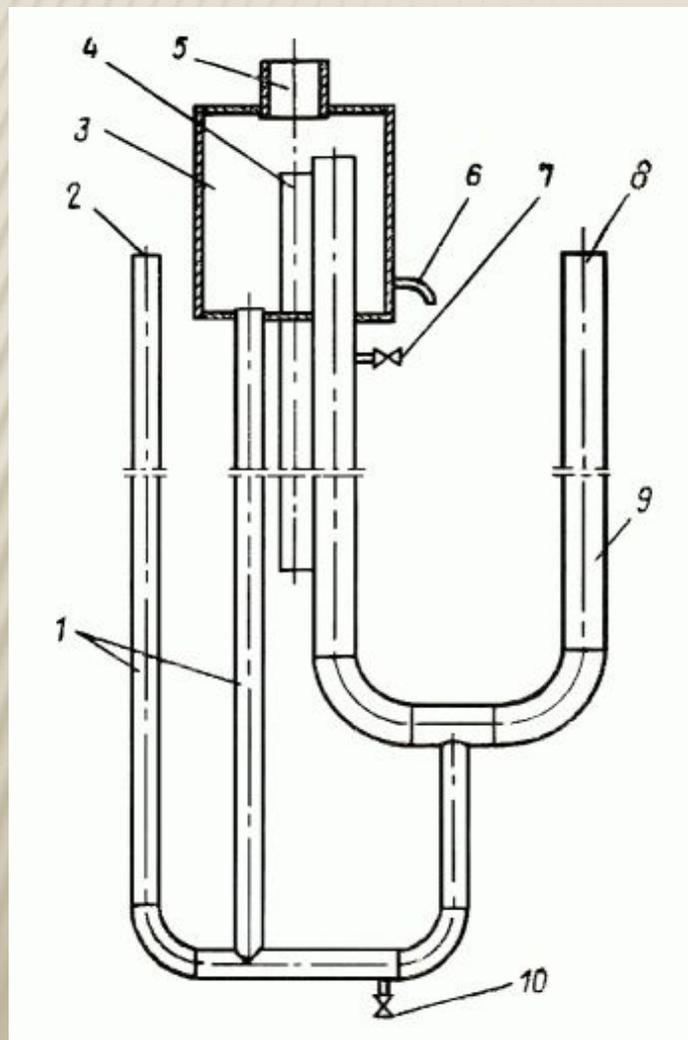
Весь пар подводится по трубе 13 через регулирующий клапан давления 12 в торец бака, противоположный колонке, с целью обеспечения хорошей вентиляции парового объема от выделяющихся из воды газов. Горячие конденсаты (чистые) подаются в деаэрационный бак по трубе 10. Отвод выпара из установки осуществляется через охладитель выпара 2 и трубы 3 или непосредственно в атмосферу по трубе 5.

Для защиты деаэратора от аварийного повышения давления и уровня устанавливается самозаливающее комбинированное предохранительное устройство 8. Периодическая проверка качества деаэрированной воды на содержание кислорода и свободной углекислоты производится с помощью теплообменника для охлаждения проб воды 15.

ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО (ГИДРОЗАТВОР) ДЕАЭРАТОРОВ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ



ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА КОМБИНИРОВАННОГО ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА



1 - Переливной гидрозатвор; 2 - подвод пара из деаэратора; 3 - расширительный бачок; 4 - слив воды; 5 - выхлоп в атмосферу; 6 - труба для контроля залива; 7 - подвод химически очищенной воды для заливки; 8 - подвод воды из деаэратора; 9 - гидрозатвор от повышения давления; 10 - дренаж.

Гидрозатвор должен подключаться к подводящему паропроводу между регулирующим клапаном и деаэратором или к паровому пространству деаэраторного бака. Устройство состоит из двух гидрозатворов (см. Рис.4)., один из которых защищает деаэратор от превышения допустимого давления 9 (более короткий), а другой от опасного повышения уровня 1, объединенных в общую гидравлическую систему, и расширительного бака. Расширительный бак 3, служит для накопления объёма воды (при срабатывании устройства), необходимого для автоматической заливки устройства (после устранения нарушения в работе установки), т.е. делает устройство самозаливающимся.

Диаметр переливного гидрозатвора определяется в зависимости от максимально возможного расхода воды в деаэратор в аварийных ситуациях.

Диаметр парового гидрозатвора определён, исходя из наибольшего допустимого давления в деаэраторе при работе устройства 0,07 МПа и максимально возможного в аварийной ситуации расхода пара в деаэратор при полностью открытом регулирующем клапане и максимальном давлении в источнике пара.

Для ограничения расхода пара в деаэратор в любых ситуациях до максимально необходимого (при 120%-ной нагрузке и 40-градусном подогреве) на паропроводе следует дополнительно устанавливать дроссельную ограничительную диафрагму.

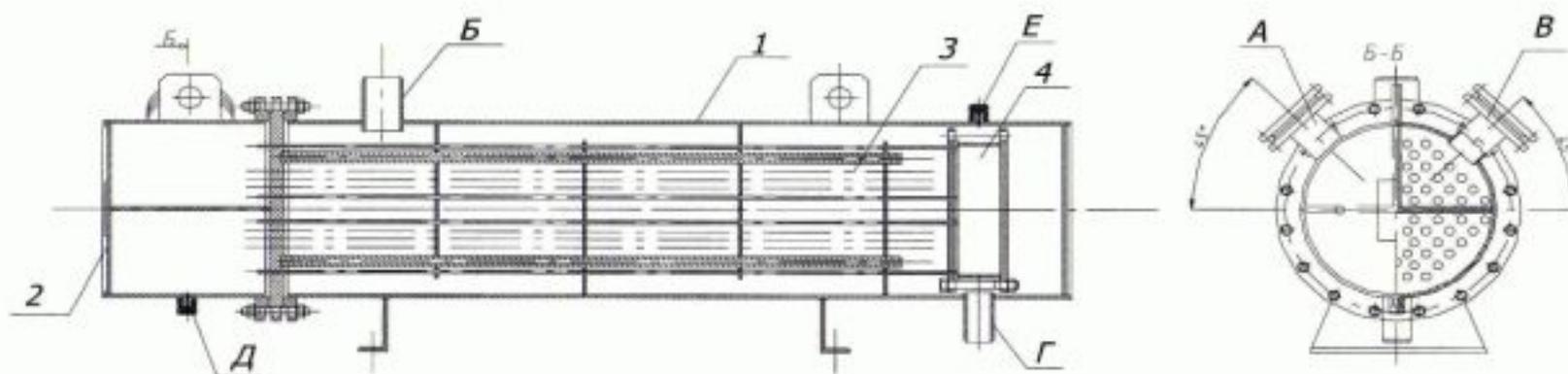
В некоторых случаях (для снижения строительной высоты, установки деаэраторов в помещениях), вместо предохранительного устройства устанавливают клапаны предохранительные (для защиты от превышения давления) и конденсатоотводчик к штуцеру перелива.

Изготавливаются комбинированные предохранительные устройства шести

ОХЛАДИТЕЛЬ ВЫПАРА



Для конденсации парогазовой смеси (выпара), используют охладитель выпара поверхностного типа состоящий из горизонтального корпуса, в котором размещена трубная система (материал трубок – латунь либо коррозионно-стойкая сталь). Охладитель выпара является теплообменником, в трубную систему которого подаётся химочищенная вода или холодный конденсат из постоянного источника, направляющийся в деаэрационную колонку. Парогазовая смесь (выпар) поступает в межтрубное пространство, где пар из нее практически полностью конденсируется. Оставшиеся газы отводятся в атмосферу, конденсат выпара сливается в деаэратор или дренажный бак.



Обозн.	Наименование	Кол-во
А	Вход охлаждающей воды	1
Б	Выход пара	1
В	Выход охлаждающей воды	1
Г	Слив конденсата	1
Д	Слив охлаждающей воды	1
Е	Выход воздуха	1

- 1 - Корпус
- 2 - Передняя камера
- 3 - Трубный пучок
- 4 - Задняя камера

Рисунок 3. Охладитель выпара

ВАКУУМНАЯ ДЕАЭРАЦИЯ В СПЕЦИАЛЬНЫХ ДЕАЭРАТОРАХ

Удаление кислорода и углекислоты из обрабатываемой на ВПУ воды желательно и для самого процесса обессоливания воды, и для защиты от коррозии оборудования ВПУ и тракта обработанной воды от ВПУ до потребителя. Вакуумная деаэрация при 55 — 70 °С рекомендуется и для питательной воды котлов низкого давления, испарителей, подпиточной воды теплосетей и систем горячего водоснабжения, так как она позволяет уменьшать тепловые потери по тракту и потери конденсата, применять обычные насосы. В водогрейных котельных и на ЦТП из-за отсутствия пара вакуумная деаэрация является единственно возможной.

Вакуумная деаэрация на ВПУ может применяться при температуре 35 — 45 °С и абсолютном давлении 0,005 — 0,01 МПа. Вакуум создается и поддерживается двух- или трехступенчатыми паровыми эжекторами, специальными паровыми или водяными эжекторами различной конструкции или вакуум-насосами. Наиболее целесообразна последовательная установка эжекторов: сначала парового (первой ступени), а затем водяного, выполняющего одновременно функцию конденсатора. Водяной эжектор работает на деаэрируемой воде, которая затем может подаваться в деаэратор.

Применение в качестве первой ступени паровых эжекторов экономично, так как оно позволяет все тепло пара использовать для подогрева самой деаэрируемой воды и на создание вакуума расходовать только пар более высокого давления (0,5 — 0,6 МПа вместо 0,12 — 0,2), что при сравнительно небольшом расходе пара (1 т/ч) оправданно.

Выбор места для установки вакуумного деаэратора при различных схемах обработки определяется качеством исходной воды, схемой ВПУ, применяемыми реагентами, ионитами и т.д. В схемах с коагуляцией воды вакуумный деаэратор может быть установлен как до, так и после ввода реагентов, а также за осветлительными фильтрами. Последнее более желательно, так как позволяет удалить и углекислоту, выделившуюся при коагуляции.

В схемах с параллельным или последовательным H-Na-катионированием или "голодным" H-катионированием деаэратор целесообразно устанавливать после декарбонизатора и барьерного фильтра. Удаление углекислоты в вакуумных деаэраторах протекает хуже, чем кислорода, но лучше, чем в декарбонизаторах.

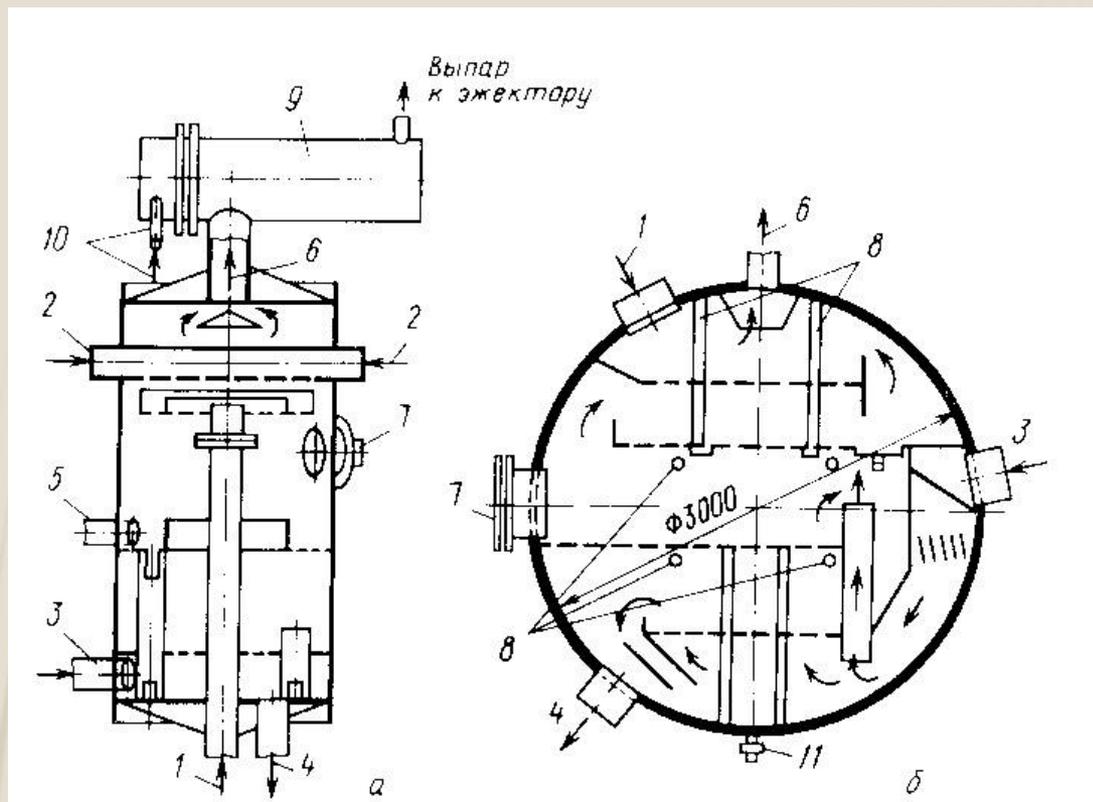
Кроме специальных, в качестве вакуумных могут применяться деаэраторы атмосферного типа после проверки работоспособности их, прочности при работе под

В схемах с параллельным или последовательным H-Na-катионированием или "голодным" H-катионированием деаэратор целесообразно устанавливать после декарбонизатора и барьерного фильтра. Удаление углекислоты в вакуумных деаэраторах протекает хуже, чем кислорода, но лучше, чем в декарбонизаторах.

Кроме специальных, в качестве вакуумных могут применяться деаэраторы атмосферного типа после проверки работоспособности их, прочности при работе под полным вакуумом, укрепления стенок деаэрационных баков и в отдельных случаях колонок, а также герметизации

Разработаны конструкции вакуумных деаэраторов большой производительности и схемы включения их, позволяющие деаэрировать подпиточную воду тепловых сетей с водогрейными котлами без использования внешнего пара. Необходимые для подогрева воды тепло и пар получаются от прямой сетевой воды, нагретой до температуры 80 °С и более. При поступлении этой воды в объем с более низким давлением из нее выделяется пар, необходимый для подогрева деаэрируемой воды. Возможен также подогрев деаэрируемой воды горячей сетевой водой в поверхностных подогревателях. Однако этот способ подогрева требует защиты поверхности подогревателей от

а — ДСВ — ДВ (Q = 25-300 т/ч); б — ДСВ — ДВ (Q=400 т/ч, длина одной секции 2000 мм); 1 — вход воды; 2 — вход воды из охладителя вы пара; 3 — вход греющего пара (два ввода); 4 — отвод воды; 5 — ввод конденсата; 6 — выход выпара; 7 — лаз; 8 — подвески-стяжки; 9 — охладитель выпара; 10 — подвод и отвод воды в охладитель выпара; 11 — охладитель выпара;



ВАКУУМНЫЕ ДЕАЭРАТОРЫ

Основным условием для обеспечения надежной работы вакуумного деаэратора является высокая герметичность его, обеспечивающая отсутствие подсосов, особенно в водяной части. Поэтому колонку вакуумного деаэратора следует размещать на высоте не ниже 9 м над уровнем воды в деаэраторном баке и не ниже 11 — 12 м над уровнем расположения питательных насосов, арматуры и приборов установки. Если размещение вакуумного деаэратора на такой высоте невозможно, необходимо более надежно обеспечивать отсутствие подсосов воздуха, все соединения делать сварными, оборудовать водяное уплотнение сальников, задвижек, насосов и других приборов и аппаратов установки.

Глубина удаления кислорода при термической деаэрации определяется размером выпара, а также соответствием температуры воды давлению пара в деаэраторе. При вакуумной деаэрации следует подавать в колонку недогретую на 3 — 5 °С воду, а необходимый для подогрева пар подавать через барботер, установленный в деаэраторном баке.

Возможна также установка в деаэраторных баках змеевиков для горячей воды ($\Delta t > 20$ °С), для кипячения воды, барботажа ее образующимся паром, нагрева ее в колонке и вентиляции парового объема.

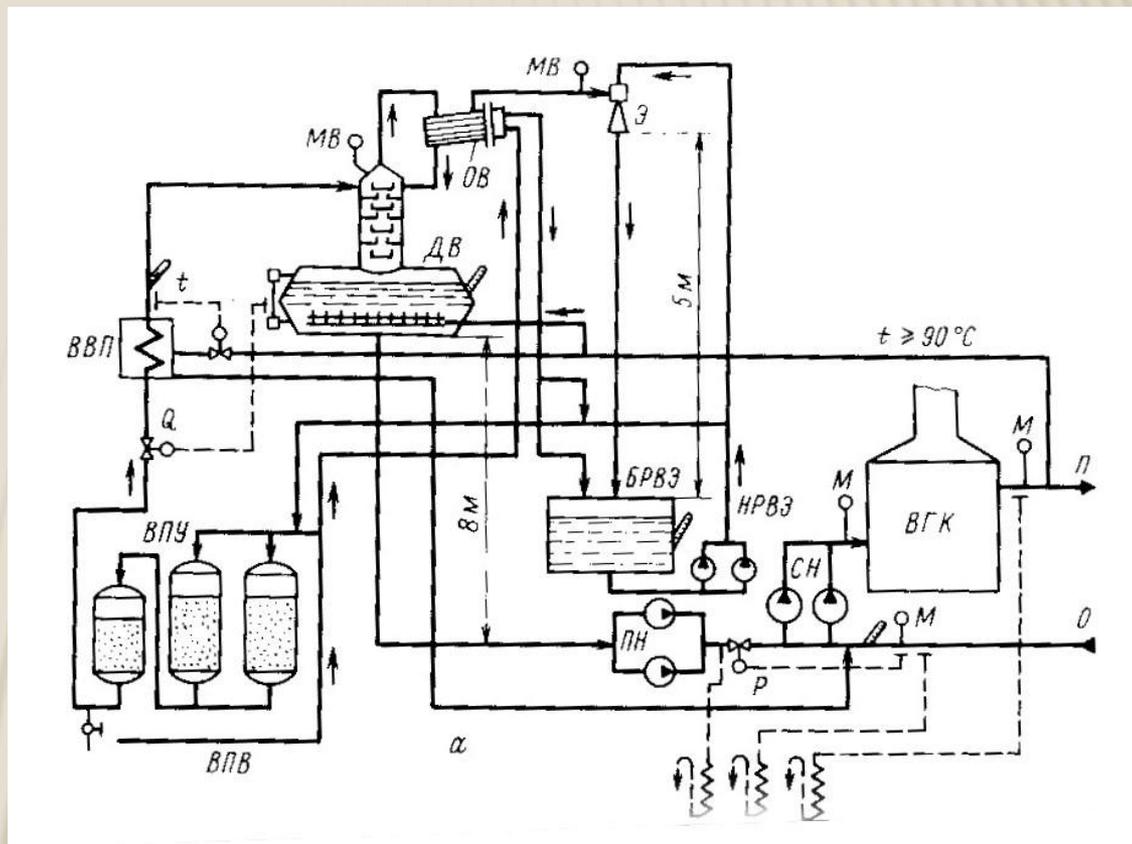
Для перекачки питательной воды после вакуумного деаэратора необходимо применять насосы конденсатного типа, рассчитанные на забор воды из-под вакуума. Для защиты деаэрированной воды с $t < 90^\circ$, находящейся в открытых баках, от попадания воздуха должны применяться паровая или газовая подушка из обескислороженного азота с давлением 1 — 2 кПа, защитные "одеяла" из герметика АГ-4, защитные поплавки, а деаэрированная вода должна подводиться в нижнюю часть бака через трубчатую систему с обращенными вниз отверстиями, чтобы уменьшить возможность перемешивания воды и вторичного обогащения ее кислородом.

Скорости в трубопроводах, подводящих воду в деаэратор, не должны превышать 1,5, а в отводящих 1 м/с. Скорость в трубопроводах парогазовой смеси должна быть не более 10 м/с. Ориентировочно можно считать, что для отвода выделяющейся из 100 м³/ч воды парогазовой смеси в количестве 20 кг/ч, имеющей при абсолютном давлении 0,003 МПа объем 1100 м³, необходим трубопровод с начальным диаметром 200 мм.

Для сокращения длины такого трубопровода и уменьшения объема выпара — парогазовой смеси охладители выпара и паровые эжекторы необходимо устанавливать возле самих деаэраторов на высоте не менее 5 м над уровнем воды в баках рабочей воды эжекторов. На охлаждение выпара следует подавать наиболее холодную воду, желательно с $t < 15^\circ\text{C}$.

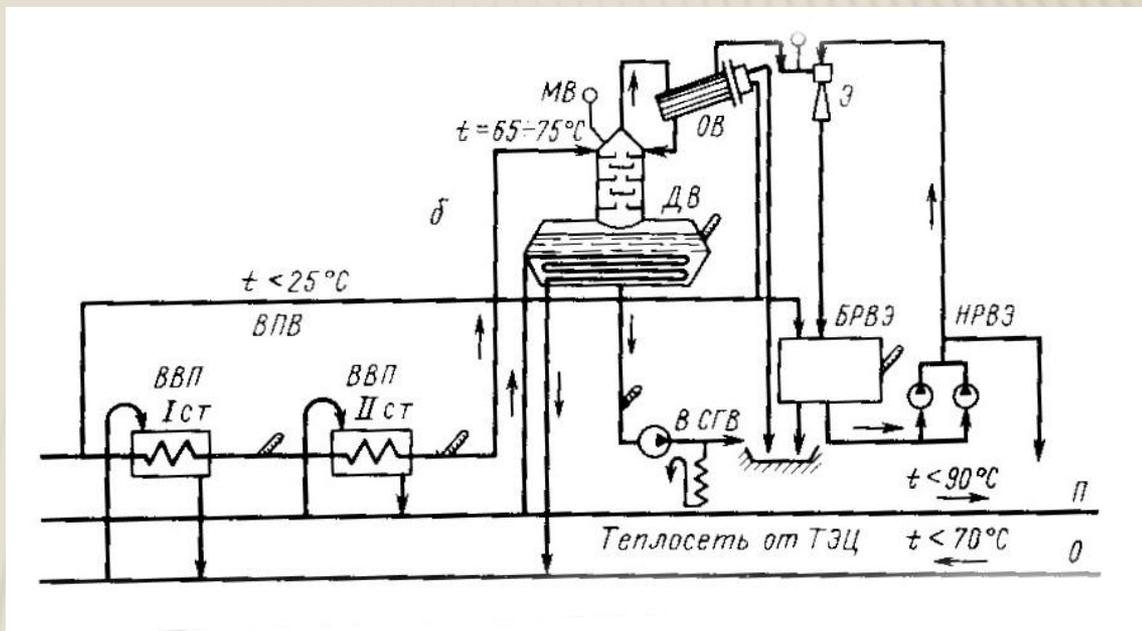
Соединять вакуумные деаэраторы параллельно не рекомендуется; они должны обеспечивать производительность до 120 % от номинала.

ВПУ — водоподготовительная установка; ВВП — водоводяной подогреватель; ВПВ — водопровод- питьевой воды; ДВ — вакуумный деаэратор; ОВ — охладитель выпара; Э - эжектор; БРВЭ — бак рабочей воды эжектора; НРВЭ - насосы, рабочей воды эжектора; ПН — подпиточные насосы; СН — сетевые насосы; ВГК — водогрейный котел; П — прямая линия сетевой воды; О — то же, обратная; Х — холодильники для отбора проб; МВ — мановакуумметр; Q — расходомер; М — манометр



СХЕМЫ ВАКУУМНЫХ ДЕАЭРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК В КОТЕЛЬНОЙ С ВОДОГРЕЙНЫМИ КОТЛАМИ

ВПУ — водоподготовительная установка; ВВП — водоводяной подогреватель; ВПВ — водопровод-питьевой воды; ДВ — вакуумный деаэратор; ОВ — охладитель выпара; Э — эжектор; БРВЭ — бак рабочей воды эжектора; НРВЭ - насосы, рабочей воды эжектора; ПН — подпиточные насосы; СН — сетевые насосы; ВГК — водогрейный котел; П — прямая линия сетевой воды; О — то же, обратная; Х — холодильники для отбора проб; МВ — мановакуумметр; Q — расходомер; М — манометр



СХЕМЫ ВАКУУМНЫХ ДЕАЭРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК ЦЕНТРАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТА

Проблемы вакуумной деаэрации.

Вакуумная деаэрация получила распространение в период широкомасштабной теплофикации населенных пунктов и развернутого строительства водогрейных котельных. Отсутствие в котельной источника пара (паровых котлов) делает вакуумную деаэрацию, на первый взгляд, безальтернативной, что не совсем так. Проблемы, связанные с вакуумной деаэрацией, не ограничиваются перечисленными; условно их можно разделить на технологические, экономические и конструктивные.

Первой из технологических проблем следует назвать значительное усложнение технологической схемы деаэрационной установки, обусловленное необходимостью вакуумной ветви, которая обычно включает либо паровой эжектор с поверхностным теплообменником, конденсатоотводчиком, запорной арматурой и т.д., либо водоструйный эжектор с холодильником, газоотделителем, насосом и т.д. (редко при малой производительности используются вакуум-насосы).

Более сложная технологическая схема с целым рядом дополнительных параметров, включающих разряжение в колонке, давление и температуру пара до и после эжектора, его расход и пр., влечет за собой значительное усложнение управляемости и схемы автоматизации установки. Последнее усугубляется еще и тем, что некоторые параметры взаимообусловлены, например, разряжение и температура насыщения.

Недогрев деаэрируемой воды до температуры насыщения в вакуумных деаэраторах ведет к значительно большим значениям равновесного (предельного остаточного) содержания кислорода в обработанной воде, по сравнению с атмосферной деаэрацией. И чем глубже разряжение, тем круче эта зависимость. Так, недогрев на один градус в атмосферном деаэраторе соответствует 30 мкг/л (что в большинстве случаев меньше норматива – 50 мкг/л), а в вакуумном при разряжении 86 кПа – 60 мкг/л. Отметим также сложность наладки и эксплуатации вакуумной деаэрационной установки.

Об экономических проблемах. Как уже отмечалось, создание и поддержание вакуума требуют дополнительных капитальных (эжектор, теплообменник, трубопроводы и т.д.) и эксплуатационных затрат. Независимо от типа вакуумного деаэрата, корпус его колонки испытывает значительно большие нагрузки, чем в аппарате атмосферного типа, что приводит к ее удорожанию. Следует упомянуть и о дорогостоящей по капитальным и эксплуатационным затратам схеме автоматизации вакуумного деаэрата.

Конструктивные проблемы, кроме повышенных требований к прочности корпуса, связаны с типом колонки. Как и атмосферные, их можно разделить на противоточные и прямоточные. Из противоточных первыми начали применяться вертикальные двухступенчатые струйно-барботажные колонки ДВ, разработанные в ЦКТИ и представляющие собой модификацию традиционных атмосферных колонок. Позже в УралВТИ были разработаны горизонтальные колонки ДСВ, которые к настоящему времени получили наибольшее распространение, особенно в большой энергетике. Отметим также: конструкции традиционных атмосферных (ДА, ДСА) и вакуумных (ДВ, ДСВ) колонок значительно отличаются: атмосферный деаэратор не может работать в вакуумном режиме, а вакуумный – в атмосферном.

Из прямоточных следует упомянуть струйные деаэраторы, которые в отношении режима можно считать универсальными, так как в любом случае требуют подачи перегретой воды и конструктивно (в том числе и по части недостатков) от атмосферных аналогов не отличаются. Прямоточные распылительные колонки ДВПР (рис.) группы «Туман» могут работать в любом режиме, в том числе и перегретой воды. Они значительно проще по конструкции, удобнее в обслуживании и ремонте.

Наличие в конструкции этих аппаратов эффективного охладителя выпара позволяет, с одной стороны, обеспечивать высокий (30–50 и более кг/т) внутренний удельный расход выпара, а с другой – свести к минимуму объем отсасываемых эжектором пара, что позволяет обойтись эжектором меньшей мощности и снизить затраты на создание вакуума.

Ввод в колонку как деаэрируемой, так и перегретой воды в виде скоростного потока капель обуславливает возможность подключения к одному эжектору любого числа колонок, что упрощает и удешевляет схему. Колонки ДВПР отличаются также стабильностью эксплуатационных характеристик, легкий запуск и быстрый выход на рабочий режим, что обусловлено отсутствием в них инерционной массы воды. Нет в данном случае и жесткой привязки температуры деаэрированной воды к температуре насыщения.

Главный вывод из обсуждения проблем вакуумной деаэрации состоит в том, что во всех случаях, когда есть возможность использовать атмосферную деаэрацию, от вакуумной следует отказываться.

Даже в чисто водогрейных котельных оправдана установка небольшого парогенератора, что и практикуется за рубежом, например в США, где вакуумная деаэрация не применяется вообще.

Если же все-таки решено использовать вакуумную деаэрацию, следует, прежде всего, избежать ошибок технологии. Для стабильной и устойчивой работы схемы вакуумный режим (особенно с колонками ДВ и ДСВ) должен быть максимально мягким; деаэрацию следует осуществлять при неглубоком разряжении, соответствующем температуре насыщения 80–90 °С.

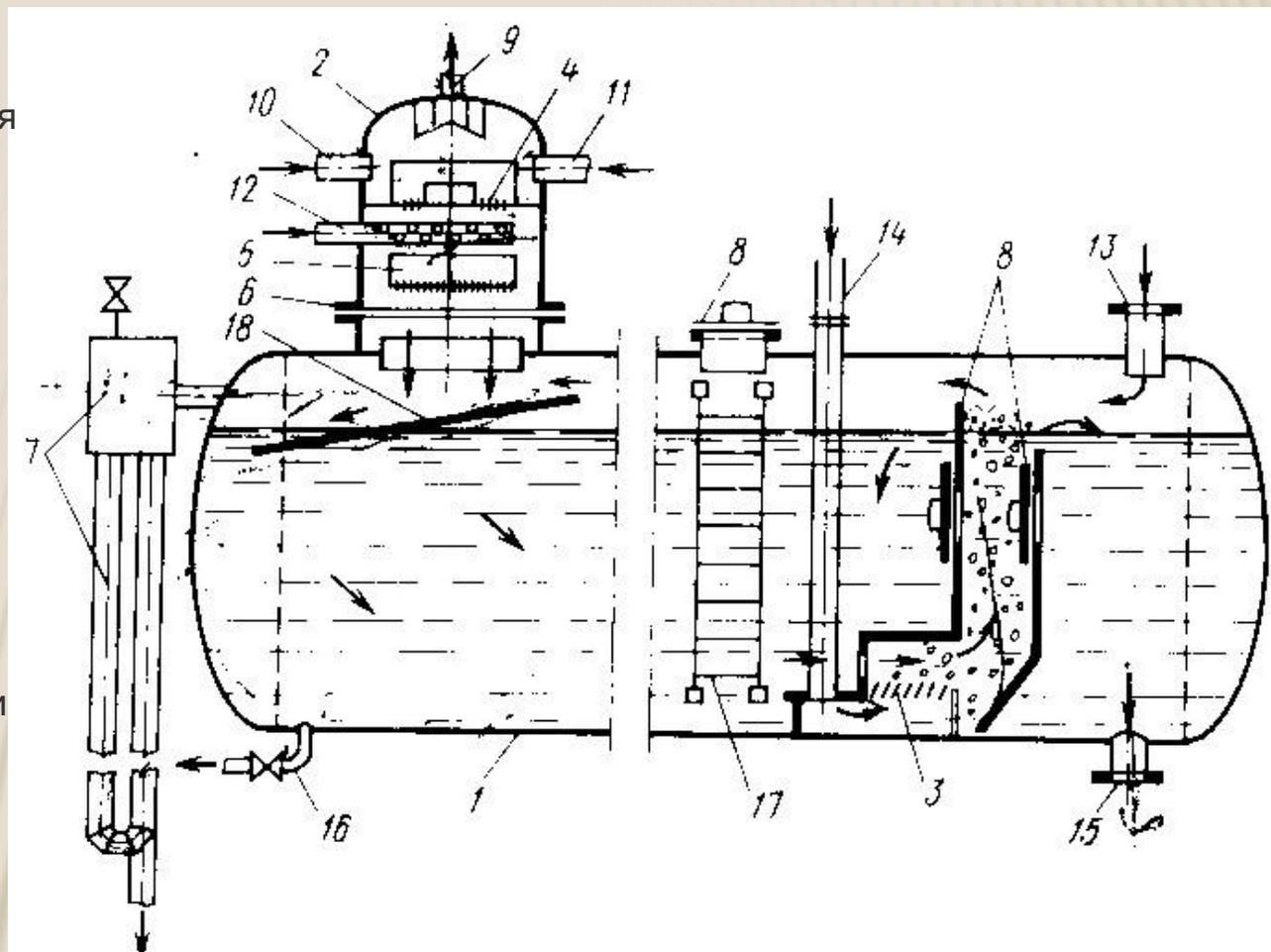
СТРУЙНО-БАРБАТАЖНЫЕ ДЕАЭРАТОРЫ, БАРБАТАЖНЫЕ УСТРОЙСТВА

Для обеспечения надежной и глубокой деаэрации воды при малых или чрезмерно больших до 150 %) нагрузках в случае нарушения крепления и засорения сит в струйных деаэрационных колонках для возможно более глубокого разложения NaHCO_3 и Na_2CO_3 и удаления выделившейся углекислоты все деаэраторы должны быть оборудованы барботажными устройствами в деаэраторных баках или в нижней части деаэрационных колонок.

В струйно-барботажных деаэраторах, выпускавшихся Черновицким машиностроительным заводом и в барботажных деаэраторах конструкции Уральского отделения ВТИ деаэрация заканчивается только за счет барботажа. В уменьшенной по высоте колонке деаэратора (2 тарелки) происходит в основном подогрев воды и лишь на 85 — 90 % деаэрация, которая заканчивается только в результате барботажа. При барботаже используется эффект вскипания перегретой воды из нижней части бака при подъеме ее к поверхности (разность давлений 0,02 — 0,025 МПа).

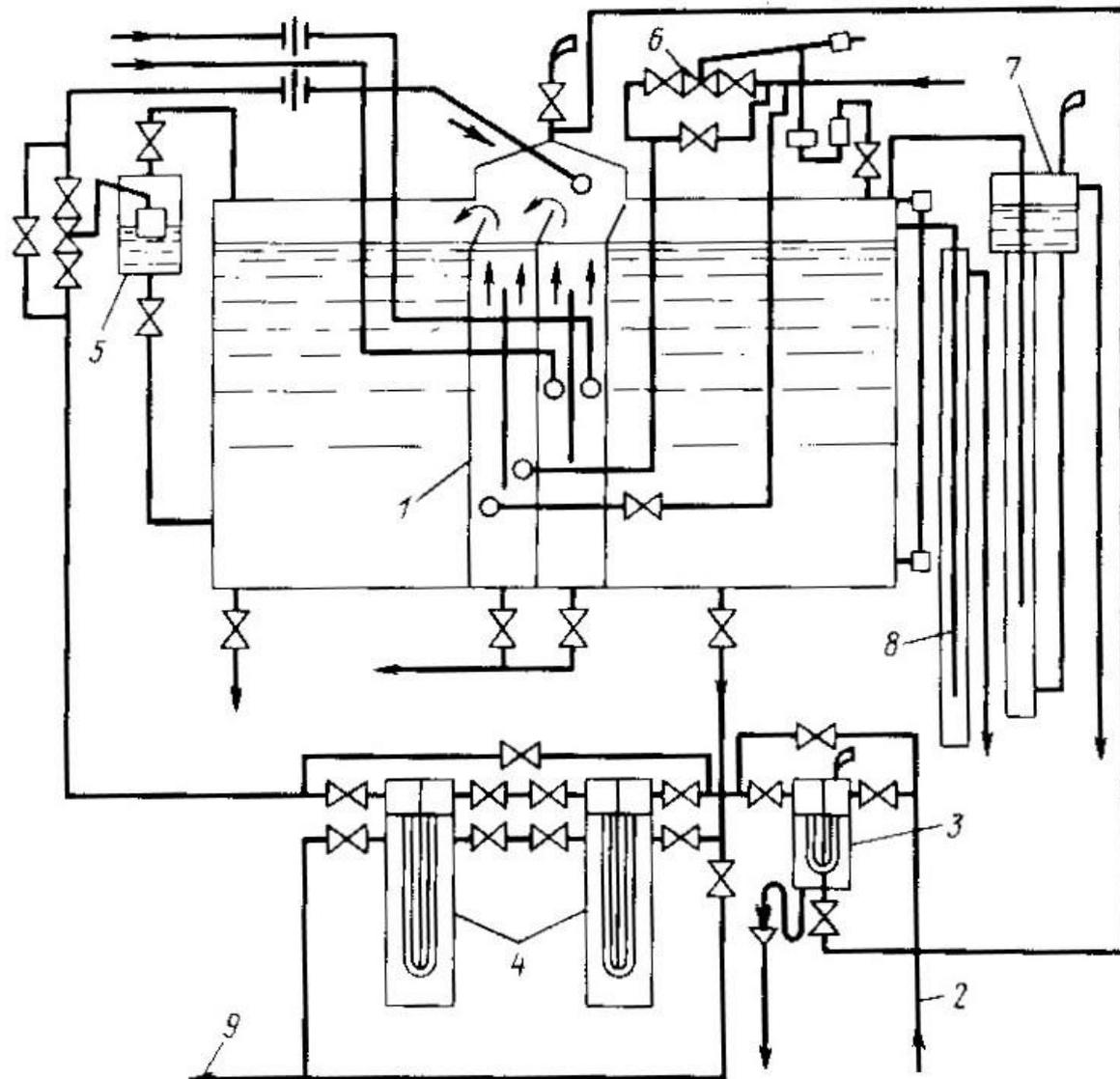
В деаэраторах ЦКТИ Черновицкого машиностроительного завода добавочная вода и холодные конденсаты с $t < 80^\circ\text{C}$ поступают на верхнюю тарелку колонки, на нижнюю подаются горячие конденсаты с $t 80\text{-}105^\circ\text{C}$, а перегретые конденсаты с $t > 105^\circ\text{C}$ — непосредственно в деаэраторный бак. Пройдя через основной объем бака, неполностью деаэрированная вода поступает в щелевой барботер — "домик" и выбрасывается с паром в отсек полностью деаэрированной воды. Избыток воды из этого отсека перебрасывается через перегородку обратно в основной отсек деаэраторного бака, совершая таким образом многократную циркуляцию.

- 1 — деаэрационный бак;
- 2 — струйная деаэрационная колонка;
- 3 — барботер "домик";
- 4, 5 — верхняя и нижняя тарелки;
- 6 — фланцевый разъем;
- 7 — гидрозатвор-перелив;
- 8 — лаз;
- 9 — отвод выпара в охладитель;
- 10 — подвод химически обработанной воды;
- 11, 12 — водовод холодного и горячего конденсата;
- 13, 14 — подвод основного и барботажного пара;
- 15 — отвод деаэрированной воды;
- 16 — опорожнение;
- 17 — лестница; 18 — щиток



СТРУЙНО-БАРБАТАЖНЫЙ ДЕАЭРАТОР АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

- 1 — барботажный отсек;
- 2 — подвод химически обработанной воды;
- 3 — охладитель выпара;
- 4 — водоводяные теплообменники;
- 5 — регулятор уровня;
- 6 — регулятор давления;
- 7 — гидрозатвор;
- 8 — перелив;
- 9 — к питательному насосу

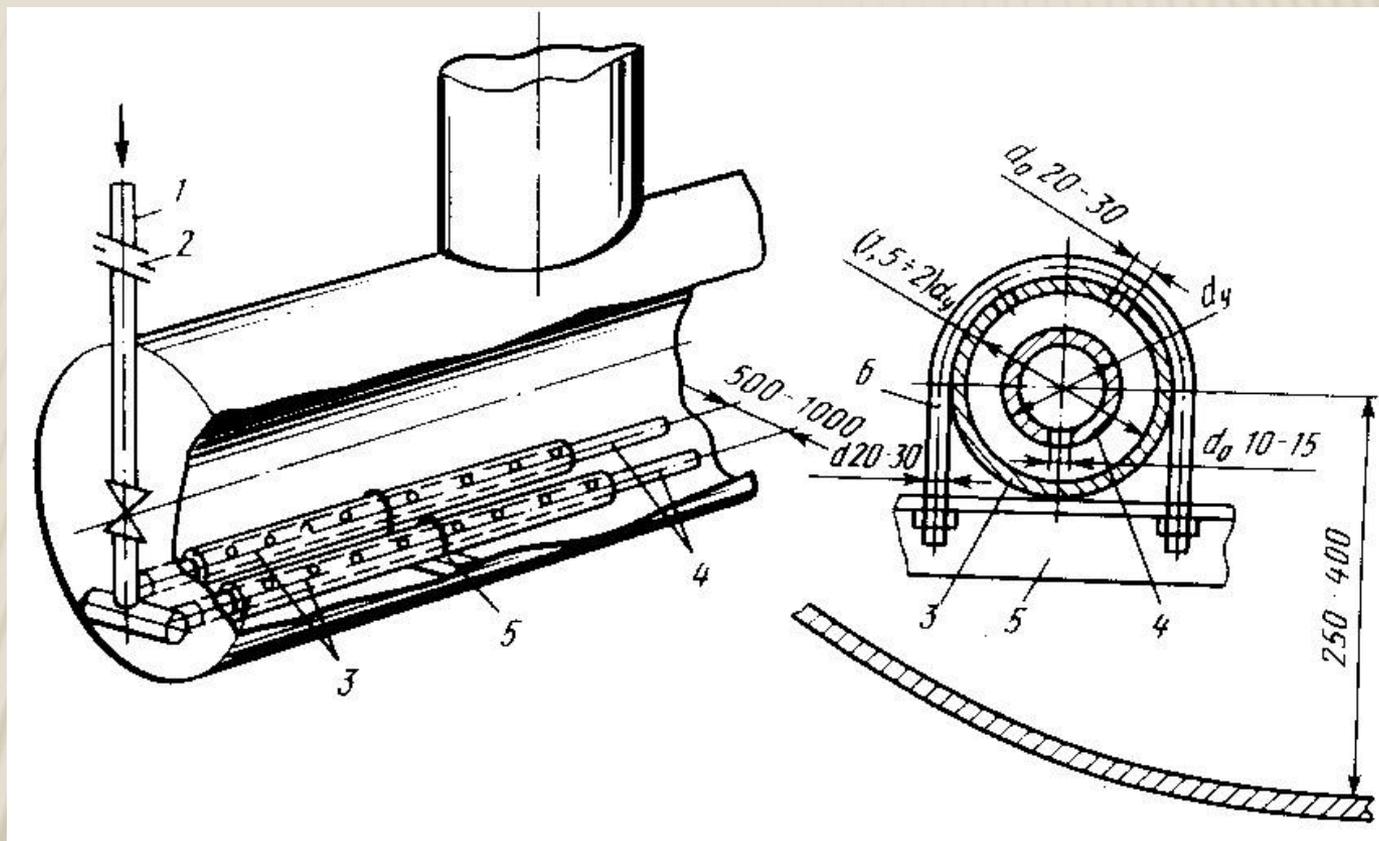


БАРБОТАЖНЫЙ ДЕАЭРАТОР КОНСТРУКЦИИ УРАЛЭНЕРГОЧЕРМЕТА

В барботер должен подаваться пар (20 — 25 кг на 1 м³ деаэрированной воды). Подавать на барботаж пар в количестве меньше 15 кг/м³ нецелесообразно; лучше подавать в барботер весь пар, необходимый для деаэрации, если это не вызывает энергетических потерь. Избыток пара, подаваемого в барботер, используется для подогрева воды в колонке. Недостающее для деаэрации в колонке количество пара может подаваться в паровой объем деаэраторного бака.

Деаэраторы старых типов и буферные баки питательной воды, соединяемые параллельно с деаэраторными баками, должны оснащаться барботерами из двойных дырчатых труб, расположенных в нижней части бака несколько выше устьев водозаборных труб или барботажными устройствами других типов.

- 1 — вход пара;
2 — измерительная диафрагма;
3, 4 — наружные и внутренние барботажные трубы;
5 — уголок для крепления труб;
6 — хомут



БАРБОТАЖНЫЕ ТРУБЫ В АККУМУЛЯТОРНЫХ БАКАХ ДЕАЭРАТОРОВ

Давление пара, подаваемого в барботер, должно быть не менее 0,2 — 0,25 МПа, чтобы преодолеть сопротивление паропроводов, отверстий барботера, столба воды над ним и давление в паровом объеме деаэратора. Барботаж обеспечивает нормальный пуск деаэратора после монтажа, ремонта или остановки. Кроме того, в случае ухудшения работы колонки, отрыва сит от креплений при гидравлических ударах, разрушения сит в результате коррозии высокоминерализованной водой или засорения отверстий сит продуктами коррозии оставшиеся в воде кислород и углекислота удаляются при барботаже; увеличиваются также распад бикарбонатов, выделение и удаление свободной углекислоты.

При конденсатно-дистиллятном режиме питания котлов постоянный барботаж также является обязательным. Опасность заброса воды из деаэраторов через барботер во внезапно остановившуюся турбину устраняется установкой гидрозатвора в виде сифона и обратного клапана.

Барботаж необходим в атмосферных и вакуумных деаэраторах при небольшой бикарбонатной щелочности деаэрируемой воды (0,1 — 0,6 ммоль/л), когда распад бикарбонатов в колонке не успевает начаться. В ряде случаев барботаж может заменяться вводом в питательную воду аммиака для связывания небольших количеств оставшейся свободной углекислоты, что иногда более экономично.

Для барботажа целесообразно использовать весь вторичный пар из расширителей непрерывной продувки, практически не содержащей газов ($\text{CO}_2 < 3\text{-}5 \text{ мг/кг}$). При двухступенчатой деаэрации (ДА—ДП) целесообразно использовать выпар из ДП для барботажа в ДА, если он не содержит существенных количеств кислорода или углекислоты. Продолжительность пребывания воды в деаэраторном баке должна быть не менее 15-20 мин. При барботаже улучшается вентиляция парового объема деаэраторного бака и нижней части колонки.

Снижение температуры, подаваемой в атмосферный деаэратор воды, на каждые 5°C против расчетной, по некоторым данным приводит к снижению допустимой нагрузки примерно на 10 %. Повышение температуры подаваемой в колонку воды улучшает процесс деаэрации и ликвидирует гидравлические удары. Однако уменьшение расхода свежего пара на подогрев воды в колонке ухудшает вентиляцию ее нижней части и может привести к повышению остаточного содержания кислорода в деаэрированной воде.

Раздельная и особенно периодическая подача в колонки различных потоков воды с разными температурой и содержанием газов крайне неблагоприятно отражается на работе деаэратора, создает тепловые перекосы и колебания теплового режима, повышает остаточное содержание кислорода. Поэтому целесообразно все мелкие загазованные составляющие питательной воды (кроме турбинного конденсата) собирать и предварительно деаэрировать в дренажных баках, пропускать смесь через механический фильтр для обезжелезивания и затем непрерывно и равномерно подавать в деаэраторы.

Пар, движущийся со скоростями (для ДА) более 15 м/с (в проходах), может препятствовать движению воды через отверстия тарелок, вызывать гидравлические удары (особенно при низких температурах воды) и выброс значительных количеств воды вместе с выпаром.

Существенным показателем эффективности работы деаэраторов при работе их на воде, содержащей NaHCO_3 , являются повышение рН воды с 6,5- 7,5 до 8,5-9 в результате распада бикарбонатов и удаления углекислоты и появление розовой окраски по фенолфталеину. Обычно при щелочности $> 0,6$ ммоль/л это происходит в деаэрационной колонке, при меньшей щелочности — только в деаэрационном баке при наличии барботажа.

ПОКАЗАТЕЛИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕАЭРАЦИИ

Показатели	Тип деаэрации		
	Вакуумная (ДВ)	Атмосферная (ДА)	При повышенном давлении (ДП)
Давление, МПа	0,0075	0,12	0,6-0,7-0,8
Температура, °С	40-80	104-107	158-165
Производительность, т/ч	5-2400	1-300	6-4000
Колебания производительности, %	30-120	30-120	30-120
Колебания подогрева, °С	15-25	10-40	10-40
Температура воды на входе, °С	20-65	65-95	120-155
Удельный расход выпара, кг/т	≤5	≤1,5	≤1,5
Количество пара подаваемого на барботаж, кг/т	15-25	15-25	15-25

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К КОНСТРУКЦИИ ДЕАЭРАТОРОВ

Суммарная производительность деаэраторов должна равняться максимальному расходу питательной воды, число деаэраторов для каждого вида питательной воды (котлы, испарители, теплосеть) должно быть не меньше двух и лишь в малых котельных один.

Добавочная химически обработанная вода должна равномерно распределяться между деаэраторами, за исключением случаев, когда питательная вода применяется для впрыска в пар. В этом случае хотя бы один деаэратор, откуда вода берется для впрыска, должен работать на чистом конденсате или на смеси его с обессоленной водой. Сопротивление водяного тракта от деаэраторов до всаса питательных насосов не должно превышать 0,01 МПа.

Параллельно работающие деаэраторы должны быть соединены водяными уравнительными линиями между собой и буферными баками при одинаковом качестве воды в них. Паровыми уравнительными линиями могут оборудоваться все деаэраторы, работающие при одинаковом давлении, даже с различным качеством деаэрируемой в них воды, так как объединение деаэраторов по пару выравнивает их работу и

При производительности каждого из сблокированных деаэраторов до 150 т/ч сечение паровой и водяной уравнивающих линий должно быть 200 мм, а при производительности 200-300 т/ч 250-300 мм. Скорость воды в уравнивающих линиях и магистрали питательной воды перед питательными насосами должна быть не более 1,0 м/с, а пара в уравнивающих линиях и магистрали перед деаэраторами — не более 20 м/с. Сопротивление уравнивающих линий при максимальном перетоке не должно превышать 2 кПа.

Общие автоматические регуляторы уровня и давления в деаэраторах должны устанавливаться по два (один рабочий и один резервный) на все имеющиеся деаэраторы одного давления. Подача в деаэраторы каждой составляющей питательной воды должна быть непрерывной. Во избежание попадания пара в линию химически обработанной воды при остановке насосов на ней должен быть установлен обратный клапан возле деаэратора.

Гидразин и сульфит для связывания остатков кислорода и нитритов, пассивации поверхности и борьбы с отложением в котлах оксидов железа, а также аммиак для повышения щелочности питательной воды при исходной $\text{pH} < 8,3$ должны вводиться в питательную воду после деаэраторов до питательных насосов.

При значительной протяженности трубопроводов обработанной (обессоленной) воды от ВПУ до деаэраторов станции (> 300 м) целесообразно деаэрировать обработанную воду на ВПУ в вакуумных деаэраторах при 35-70 °С или в атмосферных с водоводяными теплообменниками для снижения температуры подаваемой воды до 80 – 85 °С.

Следует в первую очередь обеспечивать горизонтальность кромок распределительных желобов и тарелок в деаэрационных колонках и прочное их крепление, необходимый диаметр отверстий и число их в тарелках (прожигание автогеном отверстий в тарелках недопустимо). В деаэраторах, работающих на химически обработанной и особенно высокоминерализованной (> 1000 мг/л) воде, тарелки необходимо делать из нержавеющей стали, а внутреннюю поверхность стенок колонок защищать от коррозии термостойкими покрытиями.

Место ввода в колонку деаэратора различных составляющих питательной воды, если их нельзя предварительно смешивать, зависит от их температуры. Все потоки с температурой, меньшей температуры насыщения при давлении в колонке более чем на 20-25 °С, следует подводить на первую (верхнюю) тарелку. Если температура потока примерно равна температуре насыщения (меньше ее на 20 °С), он подается на вторую тарелку. Все перегретые конденсаты (ПВД) обычно направляются на третью-четвертую тарелку сверху или непосредственно в деаэраторный бак.

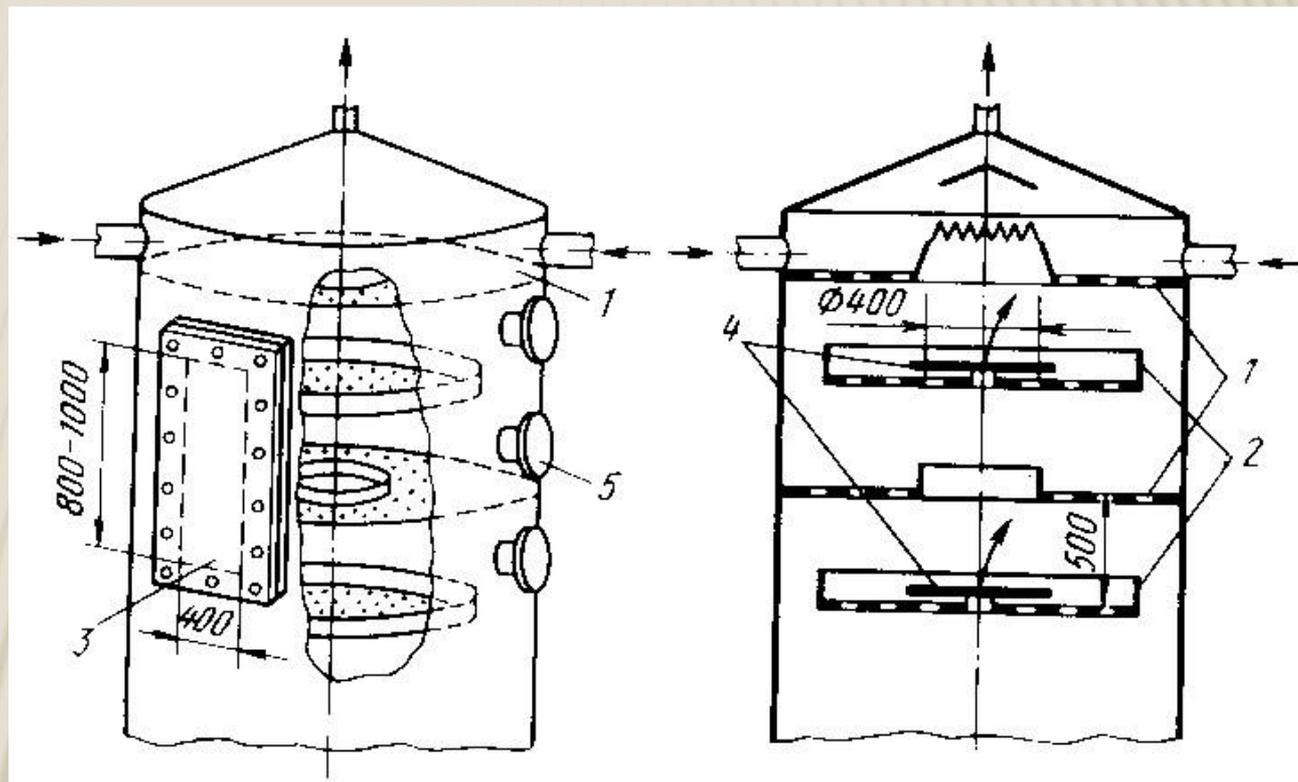
С целью уменьшения содержания в питательной воде продуктов коррозии следует осуществлять забор воды на 150 — 200 мм выше дна (нижней образующей) деаэрационного бака и в местах, наиболее удаленных от колонок.

Колонки атмосферных деаэраторов, не имеющие фланцевого разъема, могут быть оборудованы лазом (типа ТЭЦ "Запорожсталь"), смотровыми лючками над каждой тарелкой или съемными лазами для доступа внутрь колонки при ревизиях или ремонтах во избежание разрезания колонки.

Фланцевые разъемы, особенно в деаэраторах, работающих на высокоминерализованной воде, следует делать между второй и третьей тарелками сверху. Предусмотреть схему самозаливающегося гидрозатвора-перелива.

Деаэраторы повышенного давления должны быть оборудованы предохранительным и переливным клапанами. Для выравнивания подачи добавочной воды и конденсатов в несколько деаэраторов обычно на отводах от магистралей к колонкам создают сопротивления (0,02 — 0,04 МПа) с помощью дроссельных диафрагм. Необходимо обеспечить также дистанционное управление всей основной арматурой деаэраторов, редукционно-охладительных установок и перекачивающих насосов с рабочего места машиниста питательных насосов или дежурного по деаэраторам.

- 1 — большая тарелка;
- 2 — малая тарелка;
- 3 — лаз (типа ТЭЦ комбината "Запорожсталь");
- 4 — лазы в тарелках типа Мироновской ГРЭС;
- 5 — смотровой лючок (бобышка)



УСТРОЙСТВО СМОТРОВЫХ И РЕВИЗИОННО-РЕМОНТНЫХ ЛЮЧКОВ И ЛАЗОВ В ДЕАЭРАЦИОННЫХ КОЛОНКАХ

- 1 — переливной гидрозатвор;
- 2 — подвод пара из деаэрата;
- 3 — расширительный бачок;
- 4 — сливная труба для воды;
- 5 — выхлоп пара в атмосферу;
- 6 — трубка для залива гидрозатвора химической очищенной водой;
- 7 — трубка для контроля залива;
- 8 — подвод воды от деаэрата;
- 9 — гидрозатвор от повышения давления;
- 10 — дренаж

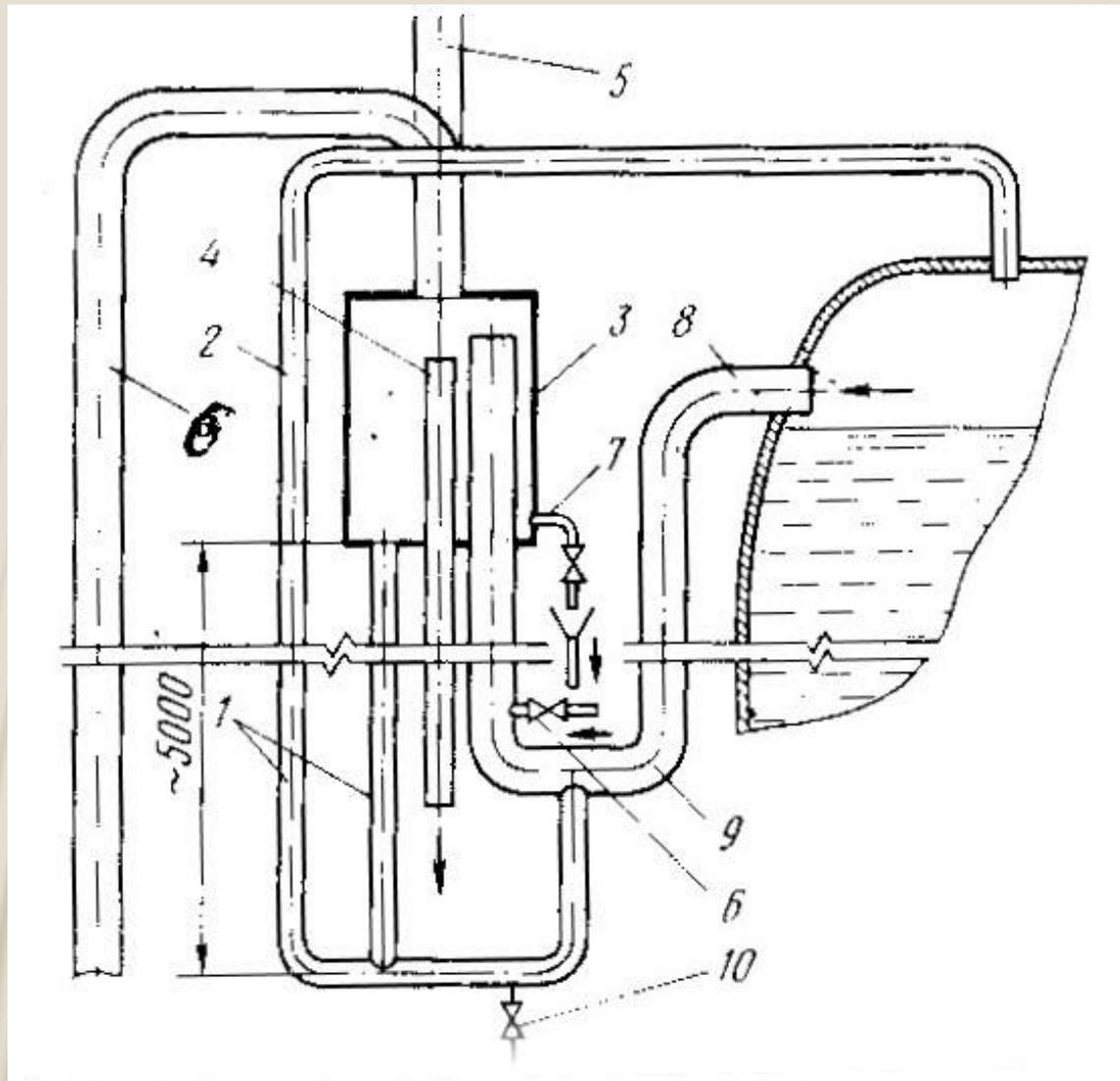


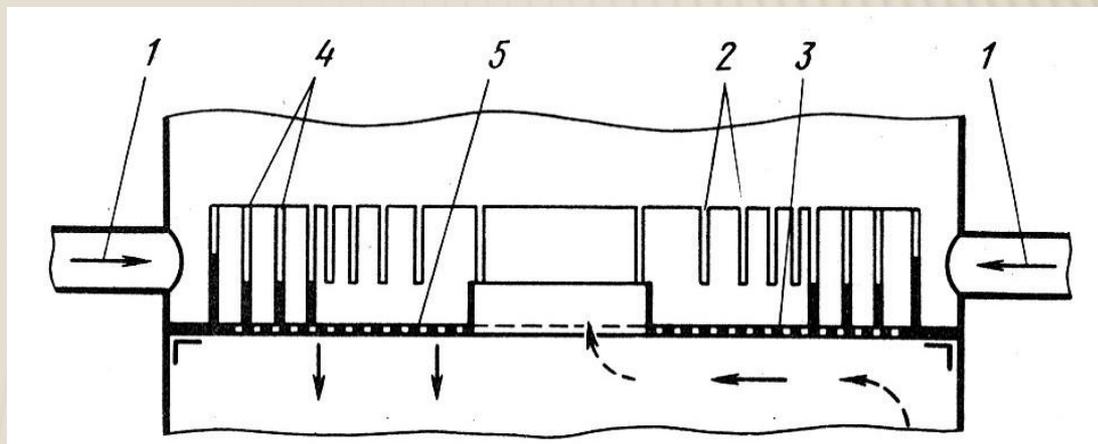
СХЕМА ГИДРОЗАТВОРА ДСА-ДА

Улучшение работы деаэраторов достигается проведением своевременных ревизий колонок и устранением обнаруженных недостатков. При ревизиях и ремонтах осуществляются проверка и выравнивание тарелок по уровню и закрепление их, а также очистка отверстий и замена тарелок новыми в случае сильной коррозии их. Надежность работы деаэраторов и эффект деаэрации повышаются при выполнении следующих условий: увеличение числа или объема параллельно работающих буферных баков (в пределах установленных норм), установка регуляторов уровня воды и особенно давления пара (давления в деаэраторах) там, где их нет; применение барботажа- усиление вентиляции парового объема, т.е. увеличение количеств выпара; устройство самозаливающихся гидрозатворов у атмосферных деаэраторов высотой 4,5 — 5,0 м.

Кроме того, необходимо подогревать воду до расчетной температуры перед деаэраторами. Целесообразны предварительная дегазация загазованных составляющих питательной воды в дренажных баках, а также смешивание в коллекторе подаваемых в деаэраторы потоков воды с различной температурой и равномерная подача смеси.

Для улучшения работы деаэраторов при малых нагрузках верхнюю распределительную тарелку целесообразно снабдить концентрическими перегородками со щелями-прорезями для равномерного слива воды по окружности сит и омывания всех струй паром. Благодаря омыванию паром всех стекающих струй деаэраторная колонка может удовлетворительно работать и с малыми нагрузками (25 — 30 %), что при обычной конструкции невозможно. Концентрические перегородки целесообразно делать и на остальных нижних тарелках.

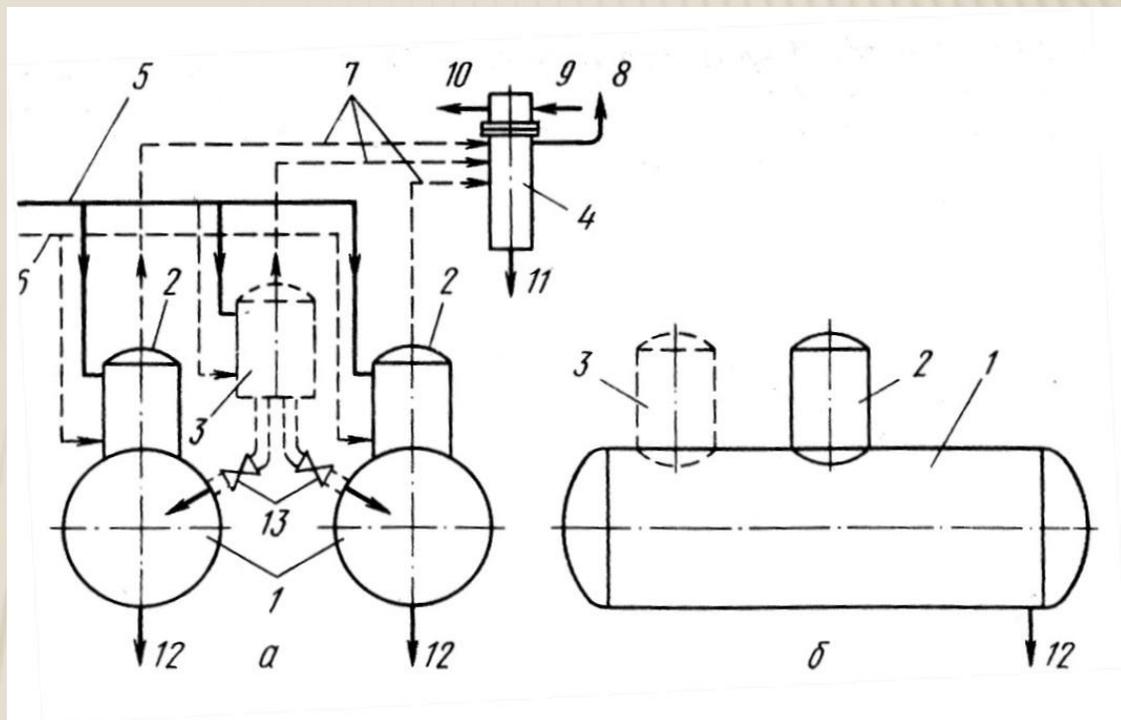
1 — вход воды; 2 — прорези; 3 — тарелки; 4 — концентрические перегородки; 5 — отверстия в тарелках



УСТРОЙСТВО КОЛЬЦЕВЫХ ПЕРЕГОРОДОК НА ВЕРХНЕЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ТАРЕЛКЕ СТРУЙНЫХ ДЕАЭРАТОРОВ ДСА — ДА

В случаях недостаточной производительности деаэрационных колонок (хотя бы временной, например в часы пик) следует устанавливать дополнительные колонки на деаэраторных баках или делать выносную колонку, которая позволяет производить монтаж ее независимо от работы основных колонок, требует значительно меньше времени на присоединение и включение, а также облегчает ремонт.

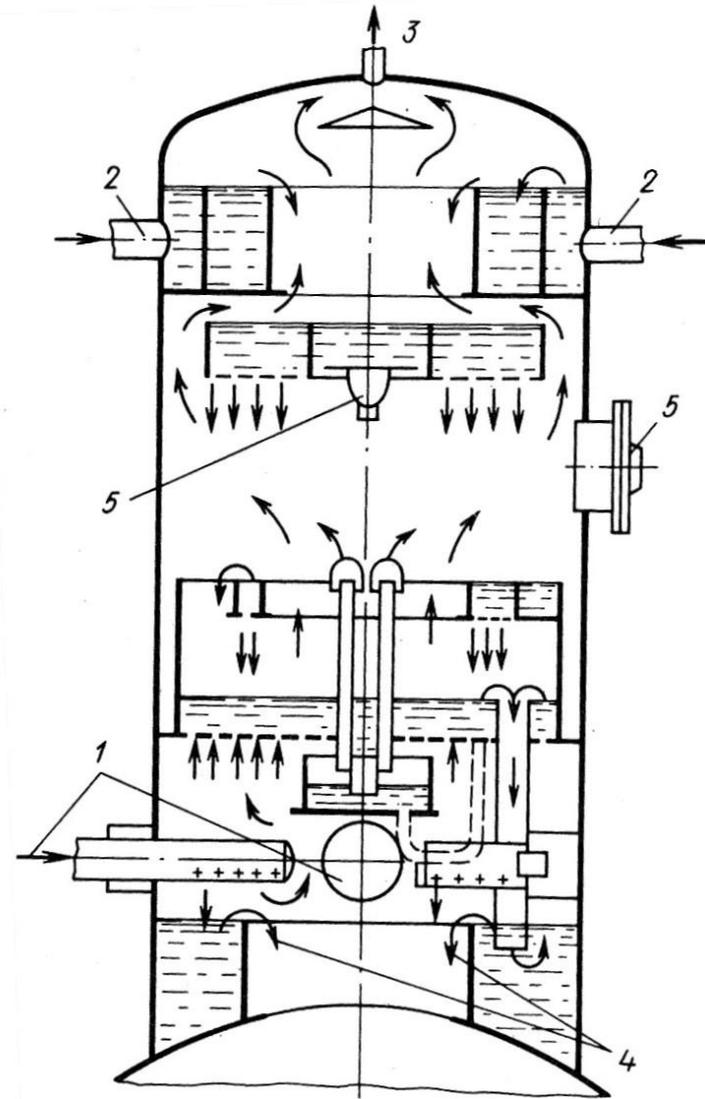
а — выносная; б — на баке; 1 — деаэраторный бак; 2, 3 — основная и дополнительная деаэрационная колонка; 4 — охладитель выпара; 5 — подача воды; 6 — подача воды; 7 — линии выпара; 8 — выброс газов из охладителя выпара; 9 и 10 — вход и выход охлаждающей воды; 11 — отвод конденсата выпара; 12 — деаэрированная вода к питательным насосам; 13 — отвод деаэрированной воды от дополнительной колонки



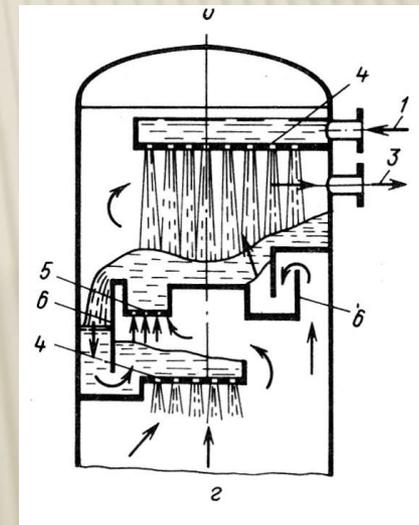
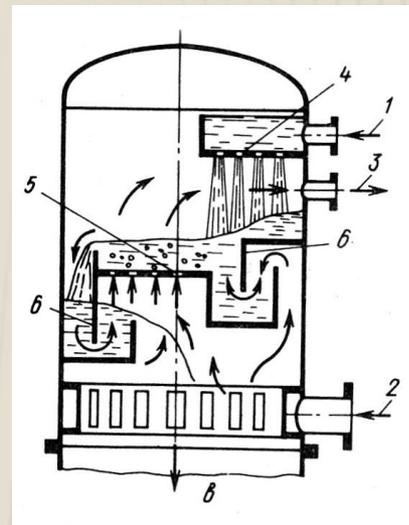
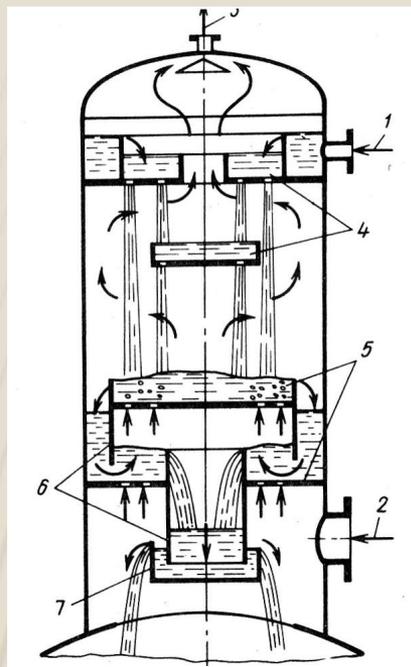
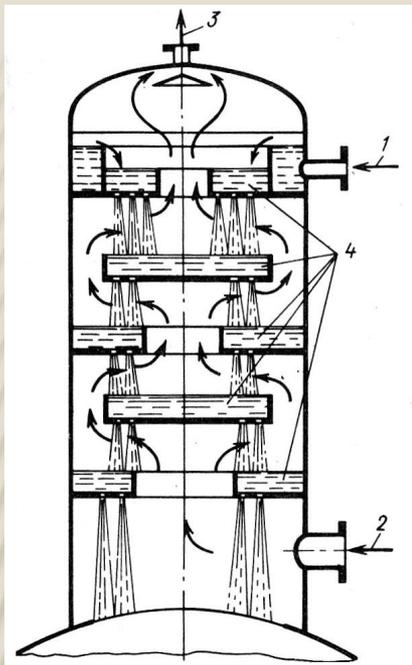
УСТАНОВКА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ДЕАЭРАЦИОННЫХ КОЛОНОК

На рисунке показана схема внутреннего устройства деаэрационной колонки ДСП-ДП-225-7, где в самой колонке объединены и струйный, и барботажный способы нагрева — деаэрации воды при давлении 0,5 — 0,7 Мпа.

- 1 — подвод греющего пара и перегретых конденсатов;
- 2 — подвод холодных конденсатов;
- 3 — выпар в охладитель;
- 4 — слив деаэрированной воды в деаэрационный бак;
- 5 — лаз ($d = 500$ мм)



ДЕАЭРАЦИОННАЯ КОЛОНКА ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ



А — ДО РЕКОНСТРУКЦИИ; Б — РЕКОНСТРУИРОВАННЫЕ ПО СХЕМЕ СИБТЕХЭНЕРГО; В — ПО СХЕМЕ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ВТИ; 1 — ВХОД ВОДЫ; 2 — ВХОД ПАРА; 3 — ВЫ ПАР; 4 — ДЫРЧАТЫЕ ТАРЕЛКИ (ПРОВАЛЬНЫЕ); 5 — БЕСПРОВАЛЬНЫЕ, ДЫРЧАТЫЕ, БАРБОТАЖНЫЕ ТАРЕЛКИ; 6 — ЗАТВОР; 7 — ПОДДОН

РЕКОНСТРУКЦИЯ СТРУЙНЫХ ДЕАЭРАТОРНЫХ КОЛОНОК В СТРУЙНО- БАРБОТАЖНЫЕ

Значительное улучшение работы обычных струйных деаэрационных колонок достигается: увеличением числа, а в некоторых случаях и диаметра (до 6 — 8 мм) отверстий; увеличением расстояния между тарелками до 480 — 500 мм и числа тарелок с 4 до 5 — 6; устройством в колонках дырчатых, барботажных, беспровальных тарелок; уменьшением скоростей движения пара между тарелками и в отверстиях (проходах); снижением подвода пара или подвода его в паровой объем деаэрационного бака.

ДЕКАРБОНИЗАТОРЫ

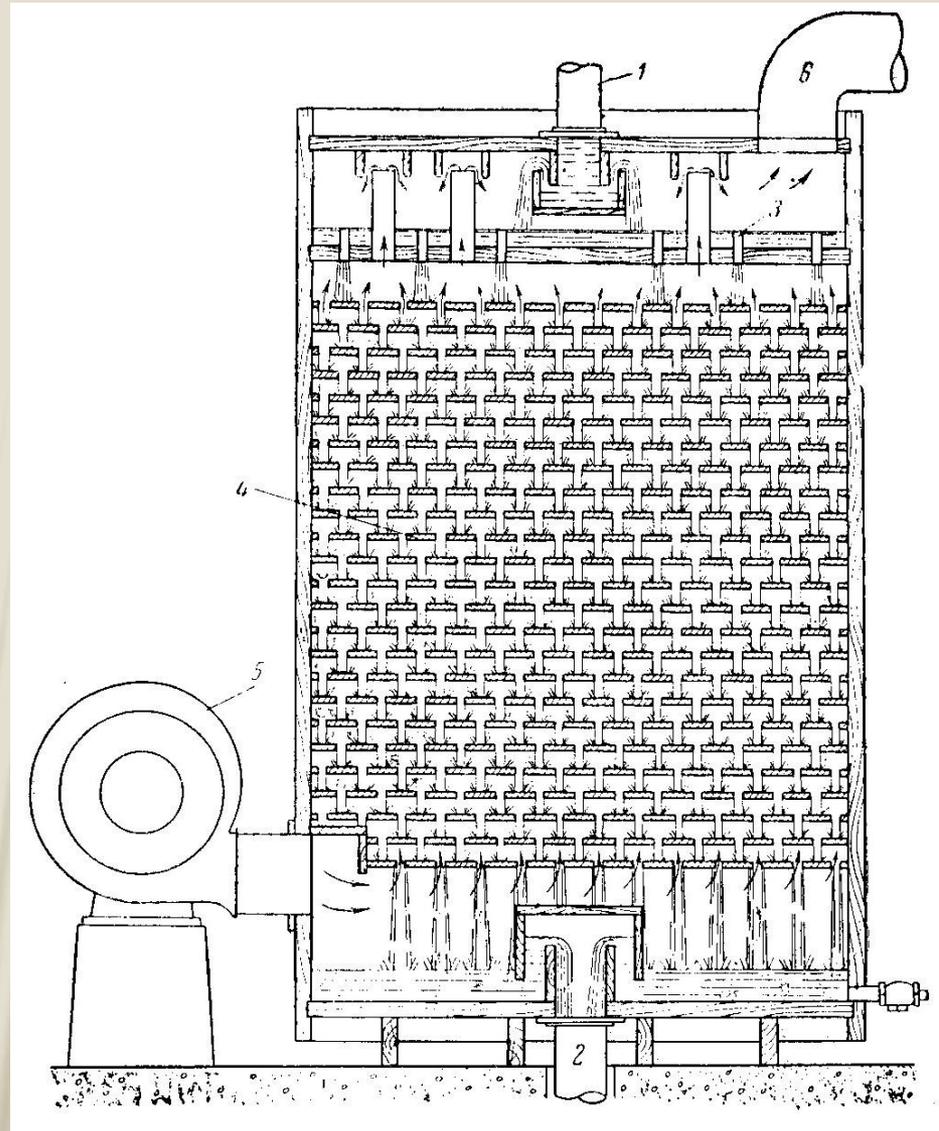
Для удаления свободной углекислоты из химически обработанной воды на водоподготовительных установках электростанций наиболее широко распространен пленочный декарбонизатор с деревянной хордовой насадкой. Он представляет собой деревянную башню со щитами, которые состоят из досок, укладываемых плашмя в шахматном порядке с зазорами между ними. На основании исследований, проведенных на промышленных декарбонизаторах с деревянной хордовой насадкой и модели, установлено, что:

- а) удельный расход воздуха, обеспечивающий достаточно глубокое удаление свободной углекислоты, составляет в среднем $20 \text{ м}^3/\text{м}^3$;
- б) оптимальная плотность орошения деревянной хордовой насадки составляет $40\text{--}45 \text{ м}^3/\text{м}^3$;
- в) скорость движения воздуха, отнесенная ко всей площади поперечного сечения декарбонизатора, $w > 0,08\text{--}0,09 \text{ м/сек}$ не оказывает влияния на величину общего коэффициента десорбции; при $w < 0,08\text{--}0,09 \text{ м/сек}$ общий коэффициент десорбции резко уменьшается.

Поэтому скорость движения воздуха через декарбонизатор следует принимать не меньше $0,085\text{--}0,1 \text{ м/сек}$, считая по незаполненному насадкой сечению аппарата.

При правильном выборе величины поверхности контакта дегазируемой воды с воздухом и поддержании указанного выше расхода воздуха декарбонизатор пленочного типа способен обеспечить остаточное содержание свободной углекислоты в воде при температуре ее до 30°C в количестве $3\text{—}7\text{ мг/л}$.

- 1 — подвод воды;
- 2 — выход воды;
- 3 — распределительные сопла;
- 4 — деревянная насадка;
- 5 — вентилятор;
- 6 — выход воздуха



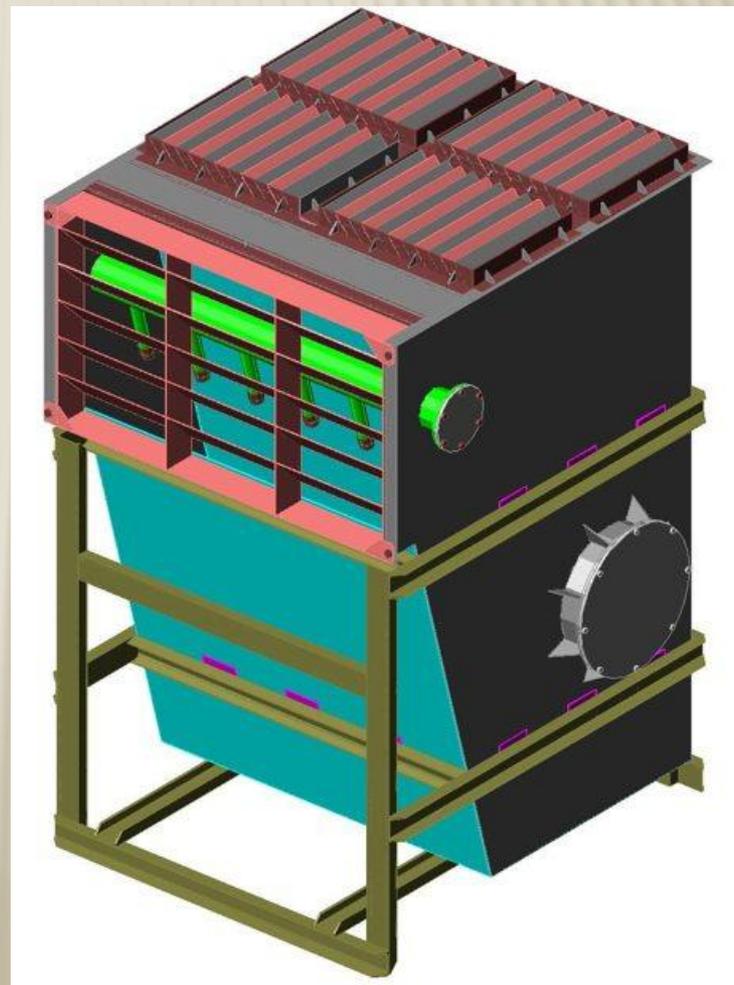
ДЕКАРБЕНИЗАТОР ПЛЕНОЧНОГО ТИПА С ДЕРЕВЯННОЙ НАСАДКОЙ

К недостаткам декарбонизатора с деревянной хордовой насадкой относятся: а) сравнительно малая удельная поверхность (поверхность единицы объема) деревянной насадки, требующая увеличенной высоты декарбонизатора; б) недолговечность деревянного корпуса и насадки декарбонизатора, подверженных делигнификации и гниению, и в) трудность герметизации корпуса декарбонизаторов.

Этих недостатков лишен декарбонизатор, заполненный керамическими кольцами Рашига (25x25x3 мм), корпус которого выполнен из металла. Обрабатываемая вода подается в верхнюю часть его и стекает через загрузку из колец Рашига; навстречу ей вентилятором подается воздух. Разработано шесть типоразмеров таких декарбонизаторов диаметром от 1,0 до 3,4 м производительностью от 50 до 550 м³/ч.

Для защиты декарбонизаторов от коррозии и предотвращения загрязнения воды продуктами коррозии металла внутренняя поверхность аппарата покрывается перхлорвиниловым лаком, эпоксидной смолой, резиной или другими противокоррозионными веществами. На верхней крышке аппарата установлен брызгоуловитель для предотвращения чрезмерного уноса влаги воздухом и обледенения воздухопровода за пределами здания. Для предотвращения утечек воздуха сливной штуцер внизу декарбонизатора снабжен гидравлическим затвором.

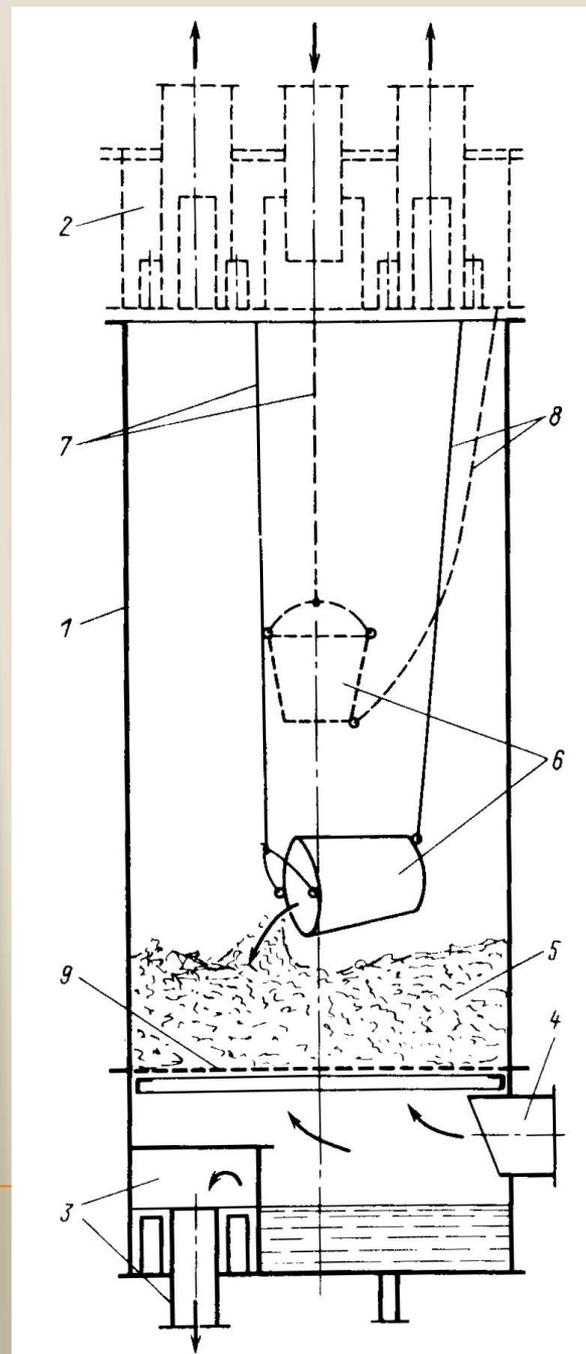
ДЕКАРБОНИЗАТОРЫ

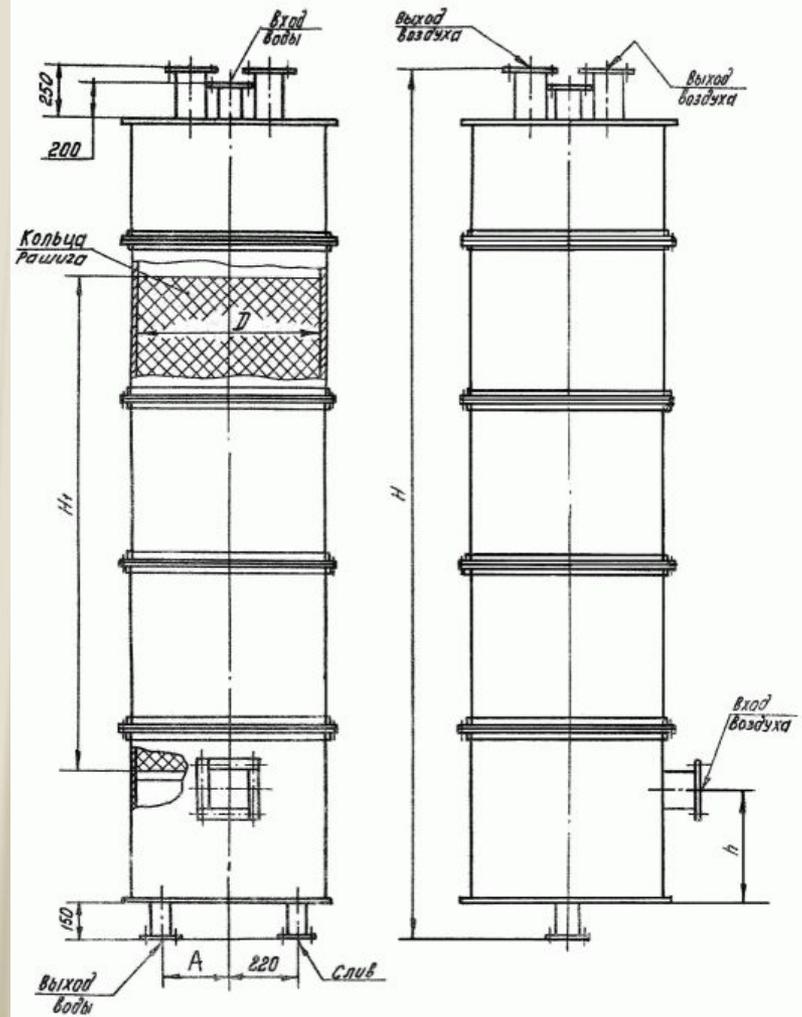


Для загрузки и выгрузки колец Рашига предусмотрены два лаза.

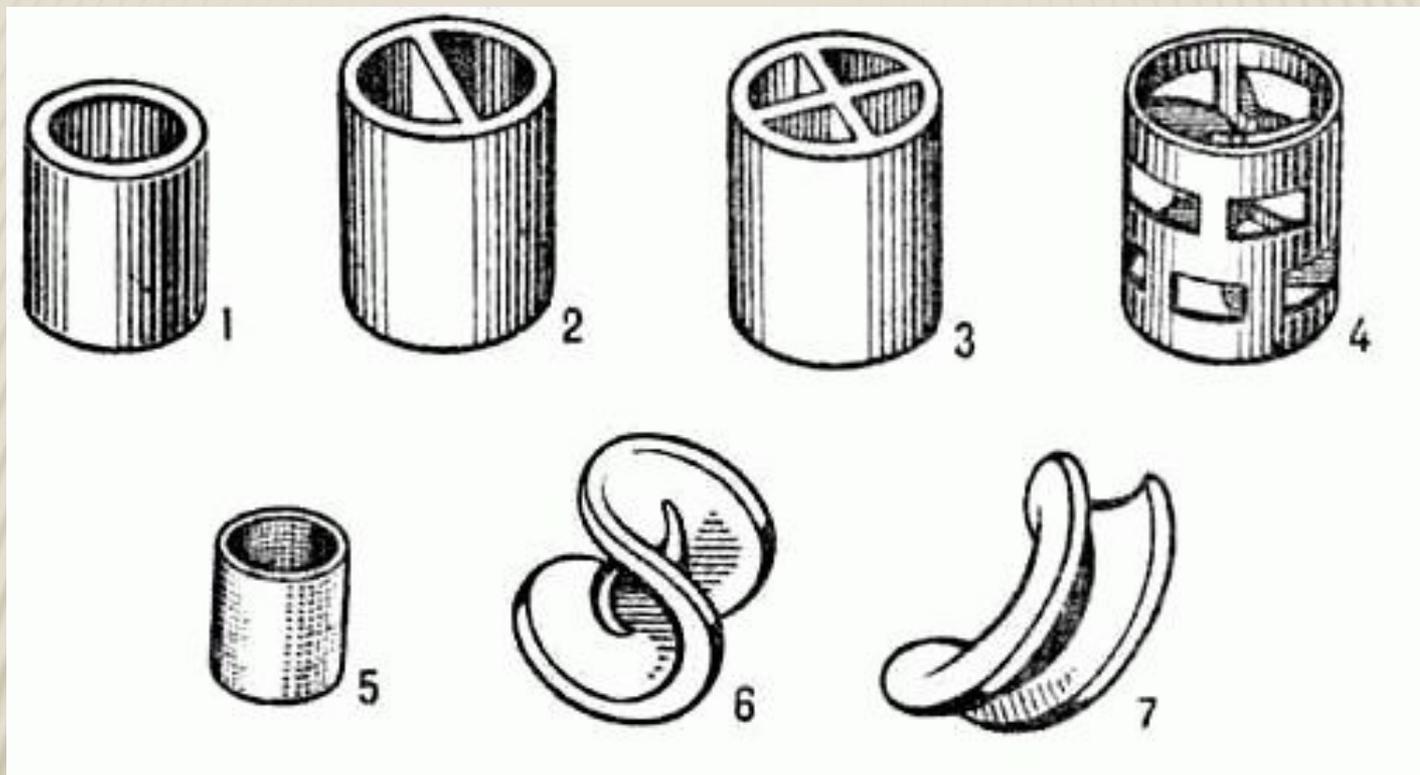
При использовании в качестве насадки колец Рашига удается сэкономить площадь и высоту декарбонизатора, а также уменьшить расход воздуха с одновременным получением более глубокого эффекта декарбонизации. За счет уменьшения высоты декарбонизатора и снижения необходимого удельного расхода воздуха ($15 \text{ м}^3/\text{м}^3$ против $20 \text{ м}^3/\text{м}^3$ для декарбонизаторов с деревянной насадкой) уменьшаются эксплуатационные расходы на декарбонизацию.

СХЕМА ЗАГРУЗКИ ДЕКАРБОНИЗАТОРА КОЛЬЦАМИ РАШИГА





ДЕКАРБОНИЗАТОР (ОБЩИЙ ВИД).



1- кольцо Рашига; 2 - кольцо Лессинга, 3 – кольцо с крестообразной перегородкой; 4 – кольцо Палля, 5 – кольцо Ба-рада; 6 - седло Берля; 7 - седло Инталлокс.

ТИПЫ НАСАДОК

Кольца Рашига, Паля и сёдла Инталокс, Берля - предназначены для заполнения рабочих объёмов насадочных колонн и аппаратов с целью повышения интенсивности тепло- и массообменных процессов в оборудовании химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и др. отраслей промышленности, систем канализации и водоснабжения, производства аммиака и минеральных удобрений. Последние годы кольца Рашига всё чаще заменяются насадками с более высокой производительностью - Кольцами Палля и сёдлами Инталокс, Берля.

Декарбонизаторы «Туман» — современные высокоэффективные аппараты, предназначенные для удаления питательной воды котлов, воды подпитки тепловых сетей и горячего водоснабжения избыточной углекислоты, образующейся на предыдущих стадиях умягчения (Н-катионирование, подкисление).

Аппараты не содержат насадки и вентилятора, не чувствительны к колебаниям нагрузки в широких пределах, не снижают эффективности в процессе эксплуатации. Чрезвычайно просты в обслуживании и удобны в ремонте. Продолжительность последнего не превышает нескольких часов.

Разрабатываются и изготавливаются индивидуально, в широком диапазоне производительностей (от 5 м³/ч до нескольких тысяч) с учетом содержания в воде СО₂, места размещения, располагаемого напора после ионитных фильтров, требуемого диапазона регулирования производительности и т.п.

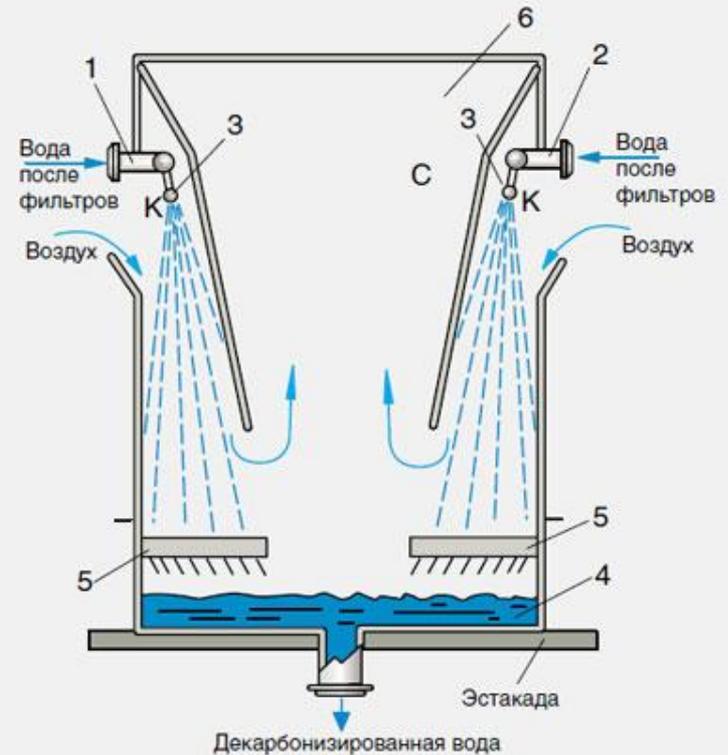


Рис. 3. Схема прямооточного распылительного двухсекционного декарбонизатора:

- 1, 2 – водораспределительные коллекторы; 3 – форсунки;
- 4 – поддон; 5 – система пеногашения; 6 – корпус;
- К – зоны контакта (капель воды и воздуха);
- С – зона сепарации (отделения капель от воздуха)

ХИМИЧЕСКОЕ ОБЕСКИСЛОРОЖИВАНИЕ

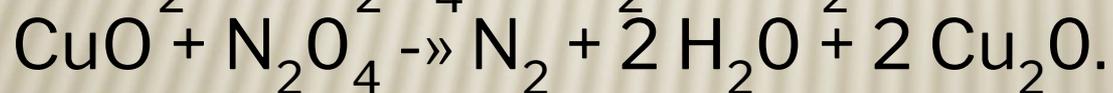
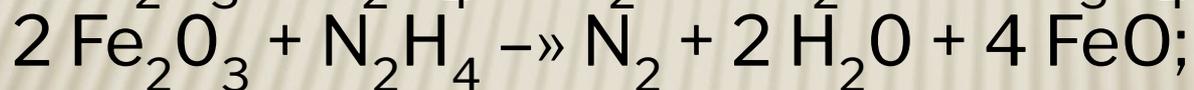
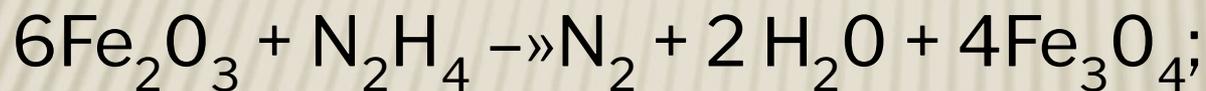
Обработка питательной воды гидразином производится для связывания остаточных количеств кислорода (0,01 — 0,03 мг/л), которые иногда трудно удалить при помощи термической деаэрации, для связывания нитритов, а также для предотвращения отложения в котле железистых и медистых накипи и разрушения уже образовавшейся. Гидразин применяется также для пассивации поверхности нагрева котла перед остановкой на ремонт.

Применение гидразина при содержании кислорода $> 0,05$ мг/л не рекомендуется из-за большого расхода его, дефицитности и высокой стоимости, а также вследствие неполного разрушения гидразина и сохранения его в паре (конденсате) при больших дозировках, что в ряде случаев недопустимо.

Известны два практически важных соединения гидразина — гидрат гидразина ($N_2H_4 \cdot H_2O$), представляющий собой ядовитую жидкость со слабоосновными и сильновосстановительными свойствами, горючую при концентрации гидразина более 40 %, доставляемую в герметически закрытой таре из нержавеющей стали. При концентрации гидрата ниже 20 % раствор его можно перевозить и хранить в обычных стальных бочках. Сульфат гидразина $N_2H_4 - H_2SO_4$ представляет собой твердое, менее ядовитое, чем гидрат, вещество с кислыми свойствами, негорючее, более удобное в обращении. Сульфат гидразина в 1,4 раза дешевле гидрата; он доставляется и хранится в деревянной таре.

Для дополнительной деаэрации питательной воды котлов, работающих на конденсатном режиме, и воды, употребляемой для впрыска в пар с целью его охлаждения, применяется только гидрат гидразина. Он, не увеличивает сухого остатка и не вызывает понижения щелочности воды (пара), а при переходе в аммиак даже несколько увеличивает ее. Во всех других случаях можно применять сульфат гидразина, увеличивающий сухой остаток воды примерно на 0,1 мг/л на каждые 0,02 — 0,03 мг/л O_2 или на 4,5 мг/л на каждую 0,1 мг/л O_2 .

Связывание кислорода гидразином протекает по реакции: $O_2 + N_2H_4 \rightarrow N_2 + 2H_2O$. При наличии в воде оксидов железа и меди протекают дополнительные реакции, увеличивающие расход гидразина:



Связывание кислорода гидразином происходит в течение 2 — 3 с при температуре 101 - 103 °С и рН воды 9 - 9,5. Первоначальный ввод повышенных доз гидразина необходим для скорейшего восстановления имеющихся в питательном тракте оксидов железа и меди. Период восстановления оксидов железа продолжается от 7 — 10 при новых до 20 — 30 дней при старых, долго работавших котлах, после чего дозировка гидразина снижается.

В начальный период обработки воды гидразином содержание оксидов железа и меди в воде несколько повышается, но затем снижается. В паре гидразин обнаруживается только при дозировках в 5 — 10 раз больше потребных; при 2 — 2,5-кратной дозировке и вводе не более 0,1 мг N₂H₄ на 1 л питательной воды гидразин в паре, как правило, не обнаруживается

ОЧИСТКА КОНДЕНСАТА
