

ВОДОПОДГОТОВКА И ВОДНЫЙ РЕЖИМ В ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВКАХ

ВАКУУМНЫЕ ДЕГАЗАТОРЫ

Физический способ обескислороживания воды.

Работа вакуумных дегазаторов заключается в следующем: дегазируемая вода подается в верхнюю часть дегазатора с помощью устройств разбрызгивания по всей площади поперечного сечения аппарата. Внутри дегазатора располагается насадка (кольца Рашига или деревянная насадка и т. д.) по которой дегазируемая вода стекает вниз в виде пленки. От корпуса дегазатора отходит трубопровод к устройству, создающему вакуум внутри аппарата. Для этой цели используют вакуум-насосы, водоструйные или пароструйные эжекторы. Вакуум в дегазаторе должен соответствовать точке кипения дегазируемой воды или быть близким к ним.



Известно, что растворимость газов в кипящей воде падает до нуля, поэтому, чем ближе создаваемый вакуум в точке кипения воды, тем выше возможность эффекта дегазации. Для того чтобы вода при наличии вакуума в дегазаторе беспрепятственно стекала в резервуар, дегазатор располагают на высоте над приемным резервуаром, чтобы давление столба, воды в отводящем трубопроводе превышало величину вакуума в дегазаторе.

Для уменьшения этой высоты, возможно, отсасывать воду из дегазатора насосом.

РАСЧЕТ ВАКУУМНЫХ ДЕГАЗАТОРОВ

Площадь поперечного сечения дегазатора вычисляют по плотности орошения насадки $50 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{час}$.

$$f = q/50 \text{ м}$$

Значение CC_p (Средняя движущая сила десорбции) определяется по рис.3 в случае удаления свободной углекислоты и по рис. 8 в случае удаления кислорода. Коэф. десорбции $K_{ж}$ определяют по рис.9 для удаления свободной углекислоты и по рис.10 для удаления кислорода.

Производительность устройства, создающего вакуум в дегазаторе, определяют по формуле, полученной из уравнения Клайперона:

$$V_{см} = \frac{G_{КД} (273 + t)}{A * P_k} ; \text{м}^3\text{ч}$$

где $V_{\text{см}}$ - объем паро-газовой смеси, отсасываемой из дегазатора, м^3 ;

$G_{\text{К.В.}}$ – вес кислорода, отсасываемого из дегазатора (с учетом кислорода, подсасываемого из атмосферы через не плотности вакуумной системы) в $\text{кг}\backslash\text{час}$.

A – коэф. принимаемый при, удалении кислорода 377, при удалении углекислоты 520.

$G_{\text{К.Д.}}$ – вес кислорода, удаляемого из воды в $\text{кг}\backslash\text{час}$.

$$G_{\text{К.Д.}} = 1,312 * C_{\text{К.В.}}$$

$$\text{где } C_{\text{К.В.}} = \frac{q_{\text{час}} (C_{\text{ex}} - C_{\text{exх}})}{1000} ; \text{ кг}\backslash\text{час.}$$

$P_{\text{К}}$ – парциальное равновесное давление кислорода при данной температуре воды отвечающее заданной конечной концентрации кислорода.

$$P_{\text{К}} = \frac{C_{\text{exх}}}{H} ; \text{ ат.}$$

$C_{\text{ВЫХ}}$ – конечная концентрация кислорода в воде в г\м³;

H – растворимость кислорода в воде при данной температуре и при парциальном давлении кислорода равном 1 ат в г\м³ ат. Табл.7

Объем парогазовой смеси подсчитанной по формуле, соответствует температуре и давлению которые, имеют место в вакуумном дегазаторе.

Производительность вакуум-насосов в каталогах обычно относится к температуре 0⁰ и давления 1 та. Для того чтобы привести объем газа, подсчитанного ранее к условиям принятым в каталогах можно воспользоваться законами Бойля-Мариотта и Гей-Люссака согласно которым

$$\frac{VP}{1 + 0.00366 t_0} = \frac{V_0 P_0}{1 + 0.00366 t_0}; \quad V_0 = \frac{VP}{1 + 0.00366 t};$$

где V_0 – объем паро-газовой смеси при $t = 0^0$ и $P_0 = 1 \text{ ат}$, $\text{м}^3 \backslash \text{час}$.

V – объем паро-газовой смеси найденной ранее $\text{м}^3 \backslash \text{час}$. (по форме 1)

P - давление паро-газовой смеси в дегазаторе при температуре t рис.11

РАСЧЕТ ДЕГАЗАТОРОВ ПРИНИМАЕМЫХ ПРИ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИИ ВОДЫ АЭРАЦИЕЙ

К этому типу дегазаторов можно отнести пленочные дегазаторы с загрузкой из колец Рашига или кусковой загрузкой (кокс, гравий и др) работающих в условиях противотока воды и воздуха подаваемого вентилятором, а так же дегазаторы пленочные типа с теми же загрузками ,но работающие без подачи воздуха (контактные градирни).

Сущность процесса обезжелезивания по отношению к большинству подземных вод заключается в окислении кислородом воздуха двухвалентного железа, в трехвалентное.

Скорость реакции окисления двухвалентного железа в трехвалентное зависит от значения рН воды, чем выше рН, тем скорее идет процесс.

Этот процесс происходит достаточно быстро и надежно при рН= 7,5, а значение рН воды подземных источников обычно ниже величины 6,5 – 7,2 . Для поднятия значения рН воды до 7,5 из нее удаляют некоторое кол-во свободной углекислоты, которое может быть найдено по номограмме 1.

Зная, начальное содержание свободной углекислоты в воде, и определив по номограмме концентрацию CO_2 которая соответствует рН = 7,5, можно найти кол-во CO_2 , которое должно быть удалено из воды, как разность концентраций начальной и оптимальной, соответствующей значению рН – 7,5 .

Кроме того, должно быть удалено то кол-во CO_2 , которое образуется при гидролизе бикарбоната железа, т.к. наличие этой углекислоты в воде может препятствовать повешению рН до требуемого предела. Кол-во CO_2 , выделившейся при гидролизе железа, согласно стехиометрическому, расчету, составляет 1,57 мг на 1 мг железа, содержащегося в исходной воде.

$$C_y = 1,57 * C_{\text{Fe}} + (C_{\text{нач.}} - C_{\text{опт.}})$$

где C_y – кол-во свободной углекислоты CO_2 , которое должно быть удалено из воды, мг\л;

C_{Fe} – общее содержание железа в обезжелезиваемой воде, мг\л;

$C_{\text{нач.}}$ – начальная концентрация CO_2 в обезжелезиваемой воде, мг\л;

$C_{\text{опт.}}$ - концентрация CO_2 в мг\л соответствующая оптимальному значению рН = 7,5 при данной щелочности воды (номограмма 1).

Остаточное содержание CO_2 после дегазации будет равно

$$C_{\text{ост.}} = C_{\text{вх.}} - C_y = 1,57 * C_{\text{Fe}} + C_{\text{нач.}} - 1,57 * C_{\text{Fe}} - C_{\text{нач.}} +$$

$$C_{\text{опт.}} = C_{\text{опт.}}$$

Площадь поперечного сечения дегазатора

подсчитывают исходя из плотности орошения насадки от 540 до 90 $\text{м}^3/\text{м}^2$ час. В зависимости от размеров и характера насадки. Удельный расход воздуха следует принимать равным 4 $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Значение $\Delta C_{\text{ср.}}$ для обезжелезивания воды аэрацией, можно определить по формуле:

$$\Delta C_{\text{ср.}} = \frac{C_{\text{вх.}} - C_{\text{опт.}}}{2,31 \ell_{\text{г}} \frac{C_{\text{вх.}}}{C_{\text{опт.}}}}, \text{ кг}/\text{м}^3_{\text{в.}}$$

Здесь $C_{\text{вх}}$ и $C_{\text{опт}}$ кг\м³ Величину $K_{\text{ж}}$ находим по рас 6

При подсчете дегазаторов, работающих без принудительной подачи воздуха (контактные градирни), плотность орошения для всех насадок должно приниматься $10 \text{ м}^3\text{\м}^2$. $K_{\text{ж}}$ по (рис.6).

1.Площадь поперечного сечения дегазатора:

$$f = m^2$$

2.Плотность орошения насадки дегазатора по обезжелезиванию равна 50-90 м³\м²час

$$C_{\text{опт}} = C_{\text{ном}} * \alpha * \beta, \text{ мг\л}$$

$$3. C_{\text{вх}} = 1,57 * C_{\text{Fe}} + C_{\text{нач}}$$

4. S – поверхность насадки (таб.6) м²\м³

РАСЧЕТ ДЕГАЗАТОРА С НАСАДКОЙ ИЗ КОЛЕЦ РАШИГА

Самым совершенным типом дегазатора для глубокого удаления из воды углекислоты считается пленочный дегазатор, загруженный кольцами Рашига. Он обеспечивает наиболее устойчивый эффект дегазации, долговечен, требует меньшей площади и высоты, а также меньшего расхода воздуха.

Наиболее целесообразно применять эти дегазаторы на крупных установках и при большом содержании свободной углекислоты.

После пленочного дегазатора с кольцами Рашига и подачей воздуха вентилятором содержание диоксида углерода в воде составляет не более 3...5 мг\л. При удалении сероводорода этим методом воду следует подкислять до $pH=5$ с последующим подщелачиванием ее до необходимого значения pH .

Для удаления свободной углекислоты из воды при процессе обезжелезивания так же целесообразно использовать дегазаторы, загруженные кольцами Рашига. Кольца Рашига – полые цилиндры с равными высотой и наружным диаметром. Промышленностью выпускаются керамические кольца Рашига размерами 25*25; 35*35; 50*50 мм и больших размеров.

Для уменьшения высоты дегазатора применяют кольца более мелкого размера т.к. единица объема насадки таких колец имеет большую поверхность.

Для загрузки дегазатора можно применять кольца размером 25*25*3 мм т.к. общее сопротивление насадки из таких колец не превосходит величины напора, развиваемого вентиляторами.

Площадь поперечного сечения дегазатора, загруженного кольцами Рашига, следует принимать исходя из удельной нагрузки $60 \text{ м}^3/\text{м}^2$ час, удельный расход воздуха в этом случае, должен приниматься равным $15 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Необходимую поверхность насадки (из колец Рашига) находят по формуле

$$F = \frac{G}{K_{\text{ж}} * \Delta C_{\text{ср}}}$$

где F - площадь поверхности насадки, м^2 ;

$K_{\text{ж}}$ – коэф. десорбции, $\text{м}^3/\text{час}$. (рис.4);

$\Delta C_{\text{ср}}$ – средняя движущая сила процесса десорбции, $\text{кг}/\text{м}^3$ (рас.3);

G – кол-во свободной углекислоты подлежащей удалению $\text{кг}/\text{час}$.

$$G = \frac{q_{\text{час}} (C_{\text{вх.}} - C_{\text{вых.}})}{1000}, \text{ кг/час.}$$

Объем насадки

$$W = \frac{F}{S}, \text{ м}^3$$

F = площадь насадки, м²

S – поверхность насадки (таб.4) м²\м³

РАСЧЕТ ДЕГАЗАТОРА С ДЕРЕВЯННОЙ ХОРДОВОЙ НАСАДКОЙ

Площадь поперечного сечения и диаметр дегазатора определяют по таб.3, оптимальная плотность орошения насадки, равной $40 \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ час}$.

Площадь поверхности насадки, при которой обеспечивается заданная степень удаления свободной углекислоты (или другого газа) определяется по формуле:

$$F = \frac{G}{K_{ж} * \Delta C_{ср}}$$

где F – площадь насадки в м^2 ;

G – кол-во углекислоты подлежащей удалению в $\text{кг}/\text{час}$.;

$$G = \frac{q_{\text{час}} (C_{\text{вх.}} - C_{\text{вых.}})}{1000}, \text{ кг}/\text{час}.$$

$q_{\text{час}}$ – производительность дегазатора в $\text{м}^3/\text{час}$; $C_{\text{вх}}$ и $C_{\text{вых}}$ – Концентрация удаляемого газа на входе и на выходе из дегазатора, $\text{мг}/\text{л}$;

$K_{\text{ж}}$ – коэф. десорбции т.е. кол-во газа, передаваемого в единицу времени, через единицу поверхности, при движущей силе процесса десорбции в $\text{кг}/(\text{час} * \text{м}^2 * \text{кг}/\text{м}^3)$ или $\text{м}/\text{час}$;

$\Delta C_{\text{ср.}}$ – средняя движущая сила процесса десорбции, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Для обеспечения расчета дегазаторов составлены таблицы $\Delta C_{\text{ср.}}$ - рис.3, ; $K_{\text{ж}}$ – рис. 2

Помимо площади щитов насадки нужно учитывать площадь внутренней поверхности самого аппарата, поскольку эта поверхность является так же поверхностью соприкосновения жидкой и газообразной фаз. Величина этой поверхности составляет около 7,5% от площади поверхности насадки.

От площади поверхности насадки (F) находят требуемое кол-во щитов, поделив (F) площадь поверхности насадки на поверхность одного щита, которая подсчитана для каждой производительности дегазатора (таб.3 площадь поверхности насадки в одном щите с учетом ребер жесткости) m^2 ;

$$n = \frac{F}{f_{п.н.}}, \text{ шт.} \quad (F = F - \frac{7,5\%}{F})$$

Часть высоты аппарата, занятая насадкой определяют по формуле:

$$H = 2n(h + \delta) - h, \text{ мм.}$$

H – часть высоты аппарата, занятая насадкой в мм;

n – кол-во щитов, шт.

h – высота между рядами и между щитами в мм, (таб.3 примечание берется 50 мм для всех производительностей);

δ (дельта) – толщина досок насадки в мм, 13 мм. (таб.3 гр.4)

$f_{п.н.}$ – площадь поверхности насадки в одном щите (с учетом ребер жесткости) м² (таб.3)

Производительность вентилятора следует подбирать исходя из необходимого расхода воздуха для заданного расхода воды (таб.3 гр.3).

УДАЛЕНИЕ ИЗ ВОДЫ СЕРОВОДОРОДА

Сероводород хорошо удаляется из воды при помощи аэрации, дегазатор применяется из колец Рашига работающий в условиях противотока воды и воздуха подаваемого вентилятором.

Содержащиеся в воде соединения сероводорода могут состоять из свободного сероводорода (H_2S), гидросульфидного иона (HS^-) и сульфидного иона (S^{2-}).

Только при $\text{pH} \leq 5$ все сульфидные соединения присутствуют в виде свободного сероводорода. Поэтому удаление сульфидных соединений возможно лишь при предварительном подкислении исходной воды или в цикле H-Na-катионитового умягчения или ионитового обессоливания воды.

Расчет дегазаторов для удаления из воды, свободного сероводорода следует производить исходя из следующих данных:

1. площадь поперечного сечения (таб.8 по производительности), плотность орошения насадки (кольца Рашига) – $60 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{час}$, удельный расход воздуха – $12 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

2. G – кол-во свободной углекислоты подлежащей удалению $\text{кг}/\text{час}$.

$$G = \frac{q_{\text{час}} (C_{\text{ex.}} - C_{\text{вых.}})}{1000}, \text{ кг}/\text{час.}$$

Содержание сероводорода опр. По рН таб,14 в %

3. значение средней движущей силы десорбции $\Delta C_{\text{ср}}$, $\text{кг}/\text{м}^3$ определяется по рис.12 или по формуле:

$$\Delta C_{\text{ср}} = \frac{C_{\text{ex}} - C_{\text{онт}}}{2,31 l q \left(\frac{C_{\text{ex}}}{C_{\text{онт}}} \right)}; \text{ кг}/\text{м}^3$$

где $C_{\text{ВЫХ}}$ - концентрация удаляемого газа в воде
соответственно на выходе ее в аппарат, $\text{кг}\backslash\text{м}^3$

$C_{\text{опт}}$ - содержание свободного сероводорода
соответствующее оптимальному значению $\text{pH} \leq 5$.

Значение коэф. десорбции определяется по формуле

$$K_{\text{жс}} = \frac{760 \left(\frac{1}{50,7 + \frac{109,9}{f^{0,324}}} \right)}{H} ; \text{м}\backslash\text{час.}$$

где f – площадь поперечного сечения , $f, f^{0,324}$
приведены в табл.8 м^2 .

H – растворимость сероводорода в воде в $\text{кг}\backslash\text{м}^3$ ат. при
данной температуре и при парциальном давлении
сероводорода 1 ат. рис.13.

4. Объем насадки

$$W = \frac{F}{S}, \text{ м}^3$$

F = площадь насадки, м²

S – поверхность насадки (таб.4) м²\м³

5.

$$F = \frac{G}{K_{\text{ж}} * \Delta C_{\text{ср}}};$$

где F - площадь поверхности насадки, м²;

K_ж – коэф. десорбции, м\час.

РАСЧЕТ ДЕКАРБОНИЗАТОРА

Вода в декарбонизатор поступает после химической обработки т. е умягчения на H-Na катионитовых фильтрах.

Находят концентрации CO_2 после H-Na катионитовых установок по формуле:

$$C_{\text{общ. ex}}^{\text{общ. ex}} = C_{\text{исх. ex}}^{\text{исх. ex}} + 44 \cdot \Delta J_{\text{к}}$$

где $J_{\text{к}}$ - карбонатная жесткость в исходной воде до поступления на Na катионитовые фильтры, т.е. после подкисления на H катионитовых фильтрах мг-экв./л.

$$\Delta J_{\text{к}} = \text{Щ}_{\text{нач}} - \text{Щ}_{\text{п.п.}}$$

$Щ_{нач}$ – щелочность исходной воды, после Н катионитовых фильтров, мг-экв./л.

$Щ_{п.п.}$ – щелочность после подкисления мг-экв./л.

$C_{вх.}^{исх}$ – содержание CO_2 в исходной воде, мг/л

2. Определяется кол-во CO_2 по формуле:

$$G = \frac{q_{час} (C_{вх.}^{общ} - C_{вых.}^{ост.})}{1000}, \text{ кг/час. ;}$$

$C_{вых.}^{ост}$ – дана в условиях задачи, мг/л.

3. Необходимая площадь поверхности насадки, m^2

$$F = \frac{G}{K_{ж} * \Delta C_{ср}}$$

где F - площадь поверхности насадки, м^2 ;

$K_{\text{ж}}$ – коэф. десорбции, $\text{м}^3/\text{час}$. (рис.4)

$\Delta C_{\text{ср}}$ – рис.3 при $C_{\text{вх}}$ и $C_{\text{вых}}$.

4. Объем насадки, м^3

$$W = F/S$$

F - площадь насадки, м^2

S – поверхность насадки (таб.4) $\text{м}^2/\text{м}^3$

5 Находим необходимый объем воздуха подаваемого на декарбонизацию по формуле, $\text{м}^3/\text{час}$

$$V_{\text{д.к.}} = d * q.$$

d – удельный расход воздуха, определяют по справочнику О. В. Левшица «Справочник по водоподготовке котельных установок»

1976г. в котором рекомендовано принимать величину $d = 25 \text{ м}^3/\text{м}^3$ при умягчении воды,

$d = 40 \text{ м}^3/\text{м}^3$ при обессоливании, $d = 30 \text{ м}^3/\text{м}^3$

с подкислением подпиточной воды теплосети (которую принимаем).

6. Площадь поперечного сечения, м²

$$f = q / 60$$

7. Диаметр внутренней колонны декарбонизатора, таб.5 в зависимости от производительности.

8. Скорость воздуха м\сек.

$$V = V_{\text{д.к.}} \cdot 3600 \cdot f$$

$V_{\text{д.к.}}$ – необходимый расход воздуха в декарбонизаторе, м³\час. (по расчету)

f - площадь поперечного сечения в декарбонизаторе, м² (расчет).

9. Высота насадки, м

$$h = W \cdot f$$