

Практическое занятие № 6

Задача 1. Проектируется натрий-катионитная установка производительностью $600 \text{ м}^3/\text{ч}$ для умягчения воды следующего состава: жесткость общая $5,2 \text{ мг-экв/л}$; щелочность $2,8 \text{ мг-экв/л}$; солесодержание 735 мг/л . Остаточная жесткость умягченной воды должна быть не более 5 мкг-экв/л . Умягченная вода поступает на нужды технологических цехов предприятия. Определить основные технологические показатели установки: число катионитных фильтров при $t_k=1,8 \text{ ч}$, их производительность, расход поваренной соли, схему установки.

Решение. В качестве ионообменного материала принимаем сульфуголь с $e_p=300 \text{ г-экв/м}^3$. Примем скорость фильтрования равной 15 м/ч , а высоту слоя катионита $2,5 \text{ м}$. Тогда:

$$T = \frac{300 \cdot 2,5}{15 \cdot 5,2} = 9,6 \text{ ч};$$

$n_k=24/(9,6+1,8)=2,1$, где $1,8$ — время простоя фильтра в режиме регенерации;

$$F_k = \frac{24 \cdot 600}{15 (24 - 2,1 \cdot 1,8)} \approx 47 \text{ м}^2.$$

Количество фильтров m_k принимаем равным:

$$m_k = (9,6 + 1,8) / 1,8 = 6,4.$$

Предусматриваем к установке семь фильтров и один резервный. Тогда производительность каждого фильтра составит $600/7=86 \text{ м}^3/\text{ч}$. Принимаем фильтры диаметром 3 м и площадью сечения $7,1 \text{ м}^2$. Фактическая суммарная поверхность работающих фильтров составит $49,5 \text{ м}^2$, а скорость фильтрования $600/49,5=12,1 \text{ м/ч}$, межрегенерационный период $T=300 \cdot 2,5/12,1 \cdot 5,2=12 \text{ ч}$, что при условии автоматизации работы фильтров вполне приемлемо. В этом случае $n_k=1,73$. Принятая скорость фильтрова-

ния 15 м/ч согласуется с приведенной на рис. 6-2. График зависимости работающей зоны от жесткости обрабатываемой воды оказывается полезным при оценке гидравлической характеристики работающего фильтра. Если при данной скорости фильтрования фактическая высота работающей зоны $h'_{р.з}$, м, определяемая по формуле:

$$h'_{р.з} = \frac{\Delta q_2 \cdot \mathcal{K}_{н.в}}{f e_p},$$

больше расчетной (при Δq_1 , см. рис. 6-1), состояние фильтра неудовлетворительно. Расход соли на одну регенерацию при $Y_c = 180$ г/г-экв по уравнению (6-16) составит: $q_c = 300 \cdot 2,5 \cdot 180 \cdot 7,1 \cdot 10^{-3} = 960$ кг. Месячная потребность в соли будет равна:

$$q'_c = 960 \cdot 10^{-3} \cdot 1,73 \cdot 7 \cdot 30 \approx 350 \text{ т.}$$

Для обеспечения заданной жесткости умягченной воды принимаем двухступенчатое Na-катионирование. В этом случае лучше всего применить ступенчато-противоточные фильтры, приведенные на рис. 6-3, состоящие из двух сосудов, представляющих одно целое и имеющих общий фронт трубопроводов. В данном случае диаметр большого сосуда принят 3 м, малого 2 м. Примерно пятая часть ионита находится в фильтре 2. Регенерация проходит следующим образом. Весь раствор соли, рассчитанный на оба фильтра, пропускается сверху вниз вначале через сосуд 2, затем 1 (см. рис. 6-3,а). Отмывка производится по схеме рис. 6-3,б, предусматривающей отмывку ступени 2 умягченной водой. Умягчение же происходит по схеме рис. 6-3,в: в первой ступени прямоток, во второй — противоток. При этом в ступени 2 скорость фильтрования составляет не менее

30 м/ч. При таких скоростях слой катионита поднимается вверх и надежно прижимается к верхнему распределительному устройству.

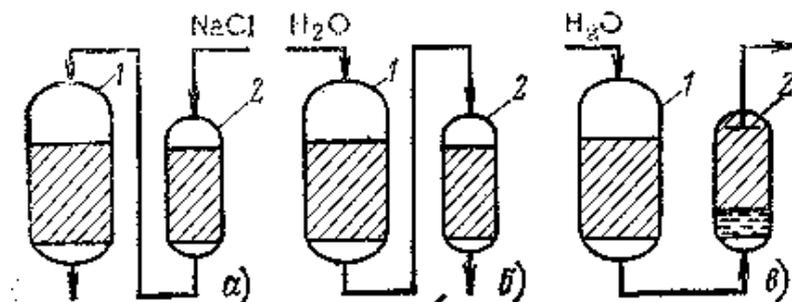


Рис. 6-3. Ступенчато-противоточный фильтр.
а — регенерация; *б* — отмывка; *в* — ионирование. 1 — прямоточный фильтр; 2 — противоточный.

В ступени 1 скорости фильтрации составляют 10—20 м/ч. Такие фильтры требуют удельного расхода реагентов примерно 1,2—1,3 г-экв/г-экв.

Задача 2. Катионитный фильтр диаметром 2,6 м работает со скоростью фильтрации 15 м/ч. Высота слоя сульфоугля составляет 2,5 м, обменная емкость его 330 г-экв/м³. Определить расчетный расход воды на собственные нужды фильтра $q_{с.н.}$, расход соли на регенерацию при $Y_c = 180$ г/г-экв, межрегенерационный период и часовую производительность фильтра q_k , если концентрация регенерационного раствора C равна 6%, $Ж_{и.в} = 3,5$ мг-экв/л, простой фильтра в регенерации 2 ч.

Решение. Площадь фильтра 5,3 м², $T=330 \cdot 2,5 / 3,5 \cdot 15=15,7$ ч. Расход соли на регенерацию $q_c = 330 \cdot 2,5 / 180 \cdot 5,3 \cdot 10^3=800$ кг, часовая производительность фильтра

$$q_k = 15 \cdot 5,3 = 80 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расход воды на приготовление соли

$$q_1 = \frac{q_c}{10\rho C} = \frac{800}{10 \cdot 1,04 \cdot 6} = 12,8 \text{ м}^3.$$

Расход воды на отмывку фильтра

$$q_2 = \frac{v_{от} t_{от}}{60} = \frac{10 \cdot 5,3 \cdot 50}{60} = 44 \text{ м}^3.$$

Расход воды на взрыхление

$$q_3 = \frac{v_{вз} t_{вз}}{60} = \frac{12 \cdot 5,3 \cdot 15}{60} \approx 16 \text{ м}^3.$$

Общий расход на собственные нужды фильтра:

$$q_0 = 12,8 + 44 + 16 = 72,8 \text{ м}^3$$

$$q'_{с.н} = \frac{72,8}{80 \cdot 15,7} \cdot 100 = 6,1\%.$$

По табл. 5-1 собственные нужды фильтра для Na_1 составят $q_{с.н.} = 4,7 \cdot 5,3 \cdot 2,5 = 62,5 \text{ м}^3$, или 5,2%. Для сульфогля при расчетах можно принимать скорость отмывки $v_{от} = 8-12 \text{ м/ч}$, взрыхления $v_{вз} = 10-15 \text{ м/ч}$, время отмывки $t_{от} = 40-60 \text{ мин}$, взрыхления $t_{вз} = 12-15 \text{ мин}$.

Задача 3. Определить количество кислой воды $q_{кв}$, м^3 , выдаваемое H-катионитным фильтром за фильтроцикл, если количество исходной воды характеризуется следующими данными: концентрация, мг-экв/л, натрия C_{Na} , кальция C_{Ca} (условно считаем всю жесткость кальциевой, что в данном случае можно допустить).

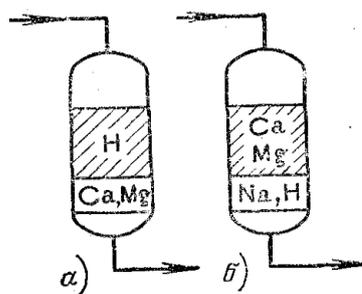


Рис. 6-8. Примерная схема расположения катионов в слое катионита.

а — после «голодной» регенерации, *б* — отработавшего.

Решение. Принимаем, что фильтр отключается в точке *б* (см. рис. 6-6). В этот момент слой катионита можно изобразить как бы состоящим из двух слоев (рис. 6-8): верхнего основного, истощенного кальцием и магнием, и нижнего, содержащего в основном катионы натрия и водорода. Снижение кислотности наступает в момент вытеснения натрия в фильтрат. Таким образом, количество полученной кислой воды определяется равенством

$$q_k C_{Na} + q_k C_{Ca} = h_{Na} e_p^{Na} f \sigma + h_{Ca} f e_p^{Ca}$$

откуда

$$q_k = \frac{h_{Na} f e_p^{Na} \sigma + h_{Ca} f e_p^{Ca}}{C_{Na} + C_{Ca}},$$

где h_{Na} , h_{Ca} — высота слоя катионита, истощенного натрием и (условно) кальцием, м; e_p^{Na} , e_p^{Ca} — обменная емкость катионита по натрию и кальцию, г-экв/м³; f — площадь сечения фильтра, м²; σ — доля слоя h_{Na} , истощенного натрием (0,5—0,6). Из уравнения (6-23) можно получить:

$$\frac{h_{Na} e_p^{Na} f \sigma}{h_{Ca} e_p^{Ca} f} = \frac{C_{Na}}{C_{Ca}}$$

или

$$h_{Na} = \frac{C_{Na}}{C_{Ca} \beta \sigma} h_{Ca} = \frac{B}{\beta \sigma} h_{Ca}$$

где

$$B = C_{Na}/C_{Ca}; \beta = e_p^{Na}/e_p^{Ca}; h_0 = h_{Na} + h_{Ca}.$$

Заменив h_{Na} в уравнении (6-24) этим выражением, а также подставив

$$q_k = \frac{\beta(B+1)\sigma}{B+\beta\sigma} \frac{e^{\frac{C_{Ca}}{p}h_0}}{(C_{Na} + C_{Ca})}$$