

ФИЛЬТРОВАНИЕ ЖИДКОСТИ, СОДЕРЖАЩЕЙ
ВЗВЕШЕННЫЕ И ЭМУЛЬГИРОВАННЫЕ ВЕЩЕСТВА
НА РАДИАЛЬНЫХ ФИЛЬТРАХ

Получены эмпирические зависимости: а) от времени, определяющего установившийся перепад воды относительно значения перепада давления по фильтру; б) от постоянного перепада давления—значения расхода. Кроме того, на этих координатах внешней подвижной границы осадка в внутренней зоне заплесня, а также продолжительность флуктуаций.

[illegible]

Որպիսիք են նաև նախաձեռնի արդյունքները և արձանագրված գոտու ներքին լայնվածը և դրի կոորդինատները և սահման փոփոխությունները

При фильтровании жидкости, содержащей взвешенные и эмульгированные вещества, через пористый слой происходит заиливание внутренней зоны фильтрующего материала и образование внешнего осадка на нем [2]. На рисунке схематично показано сечение фильтра с внутренней зоной заиливания и внешним осадком.

Рассмотрим процесс фильтрования жидкости, содержащей взвешенные и эмульгированные вещества на радиальных фильтрах. В этом случае при жестком режиме процесс описывается уравнениями

$$\frac{\partial p_i}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial p_i}{\partial r} = 0, \quad l = \begin{cases} 1, r_0 \leq r \leq r_1, & 2, r_1 \leq r \leq r_2, \\ 3, r_2 \leq r \leq r_3, & 4, r_3 \leq r \leq r_4. \end{cases} \quad (1)$$

где p —давление, r —радиальная координата, $i = 1, 2, 3$ и 4—соответственно области фильтрующего элемента, незаляющей и заляющей части фильтрующего материала и осадка.

Технологически осуществление фильтрования производится либо при постоянном расходе фильтрации с увеличением перепада давления на фильтре, либо при постоянном перепаде давления с уменьшением расхода фильтрации из-за уменьшения проницаемости и увеличения толщины слоя. При фильтрации с постоянным расходом имеем следующие краевые условия:

$$p_1(r_0, t) = p_0 = \text{const}, \quad p_1(r_1, t) = p_2(r_1, t), \quad (2)$$

$$p_2(r_2, t) = p_3(r_2, t), \quad p_3(r_3, t) = p_4(r_3, t)$$

$$k_1 \frac{\partial p_1(r_1, t)}{\partial r} = k_2 \frac{\partial p_2(r_1, t)}{\partial r}, \quad k_2 \frac{\partial p_2(r_2, t)}{\partial r} = k_3 \frac{\partial p_3(r_2, t)}{\partial r}, \quad (3)$$

$$k_3 \frac{\partial p_3(r_3, t)}{\partial r} = k_4 \frac{\partial p_4(r_3, t)}{\partial r},$$

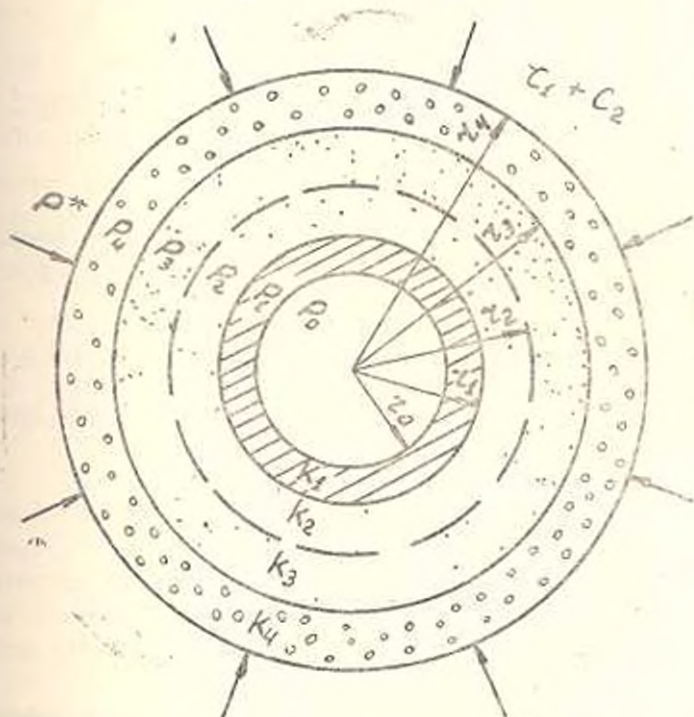


Рис. Расчетная схема фильтрования жидкости одновременно с образованием осадка и внутренней зоны заиливания

$$\frac{2\pi r_1}{\mu} \frac{\partial p_1(r_1, t)}{\partial r} = q = \text{const}, \quad (4)$$

$$(1 - n_1) \frac{dr_1}{dt} = \frac{c_1 q}{2\pi l r_1} = \frac{c_1 k_1}{\mu} \frac{\partial p_1(r_1, t)}{\partial r}, \quad (5)$$

$$(1 - n_2) \frac{dr_2}{dt} = \frac{c_2 q}{2\pi l r_2} = \frac{c_2 k_2}{\mu} \frac{\partial p_2(r_2, t)}{\partial r}, \quad (6)$$

$$r_1(t = 0) = r_2(t = 0) = r_3, \quad (7)$$

где c_1 и c_2 —концентрации эмульгированных и взвешенных веществ, n_3 и n_4 —активные пористости зеленой части фильтрующего материала и осадка, q —расход жидкости через фильтрующий элемент, k_1 , k_2 , k_3 и k_4 —соответственно проницаемости фильтрующего элемента, незапняющей и запняющей частей фильтрующего материала и осадка, μ —коэффициент динамической вязкости, t —время.

Из (1) при условиях (2)–(4) получаем следующие решения для определения давлений во всех зонах:

$$p_1 = p_2 + \frac{q\mu}{2\pi l k_1} \ln \frac{r}{r_0}, \quad r_0 \leq r \leq r_1; \quad (8)$$

$$p_2 = p_0 + \frac{q\mu}{2\pi l} \left(\frac{1}{k_1} \ln \frac{r_1}{r_2} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r}{r_1} \right), \quad r_1 \leq r \leq r_2; \quad (9)$$

$$p_3 = p_0 + \frac{q\mu}{2\pi l} \left(\frac{1}{k_1} \ln \frac{r_1}{r_0} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{k_3} \ln \frac{r}{r_2} \right), \quad r_2 \leq r \leq r_3; \quad (10)$$

$$p_4 = p_0 + \frac{q\mu}{2\pi l} \left(\frac{1}{k_1} \ln \frac{r_1}{r_0} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{k_3} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{k_4} \ln \frac{r}{r_3} \right), \quad (11)$$

$$r_3 \leq r \leq r_4.$$

Решая совместно (5)–(7), определим координату внешнего подвижного фронта осадка и внутреннего подвижного фронта зоны запняения

$$r_1 = [r_0^2 + c_1 q t / 2\pi l (1 - n_1)]^{1/2}, \quad r_2 = [r_1^2 + c_2 q t / 2\pi l (1 - n_2)]^{1/2}. \quad (12)$$

Из выражения (11) относительное значение перепада давления на фильтре будет

$$\overline{\Delta p} = \frac{q\mu}{2\pi l p_0} (\zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 + \zeta_4), \quad \zeta_i = \frac{1}{k_i} \ln \frac{r_i}{r_{i-1}}, \quad (13)$$

где в скобке первый член является гидравлическим сопротивлением фильтрующего элемента, второй и третий—соответственно незапняющей и запняющей частей фильтрующего материала, четвертый—осадка.

Рассмотрим процесс фильтрования при постоянном перепаде давления. В таком режиме фильтрования (4) заменяется условием

$$p_1(r, t) = p_2 = \text{const.} \quad (14)$$

Решая (1) при условиях (2)–(3) и (14), получаем

$$p_1 = p_0 + \frac{(p_2 - p_0)}{A(t)} \cdot \frac{1}{k_1} \ln \frac{r}{r_0}, \quad r_0 \leq r \leq r_1 \quad (15)$$

$$p_2 = p_0 + \frac{(p_2 - p_0)}{A(t)} \left(\frac{1}{k_1} \ln \frac{r_1}{r_0} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r}{r_1} \right), \quad r_1 \leq r \leq r_2, \quad (16)$$

$$p = p_0 + \frac{(p_* - p_0)}{A(t)} \left(\frac{1}{k_1} \ln \frac{r_2}{r_0} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_3}{r_1} + \frac{1}{k_3} \ln \frac{r_4}{r_2} \right), \quad (17)$$

$$r_2 \leq r \leq r_3$$

$$p = p_0 + \frac{(p_* - p_0)}{A(t)} \left(\frac{1}{k_1} \ln \frac{r_2}{r_0} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_3}{r_1} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{k_3} \ln \frac{r_4}{r_3} \right), \quad (18)$$

$$r_3 \leq r \leq r_4$$

где

$$A(t) = \frac{1}{k_1} \ln \frac{r_1}{r_0} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{k_2} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{k_3} \ln \frac{r_4}{r_3}.$$

Значение расхода фильтрации будет

$$q = 2\pi r_1 \frac{k_1}{\mu} \frac{\partial p_1(r_1, t)}{\partial r} = \frac{2\pi l (p_* - p_0)}{\mu A(t)}. \quad (19)$$

В случае, когда имеем $q = \text{const}$, продолжительность фильтроцикла t_* лимитируется предельно-допустимым значением перепада давления $\overline{\Delta p}$. Задаваясь величиной $\overline{\Delta p}$, из уравнения (13) значение t_* определяется методом подбора. В случае, когда $\overline{\Delta p} = \text{const}$, значение t_* методом подбора определяется из (19) при допустимом минимальном значении q . В приведенных выражениях неизвестными являются пористость и проницаемость, определение которых возможно лишь опытным путем.

Для определения пористости n проводятся эксперименты с индикатором и определяется время контакта воды с фильтрующим слоем $t_{\text{к}}$. По известному $t_{\text{к}}$ пористость фильтрующего i -ого слоя равна

$$n_i = q(t_{\text{к}}) / \pi l (r_i^2 - r_{i-1}^2). \quad (20)$$

Используя опытные данные о передаче давления в каждом фильтрующем слое, его проницаемость определяем следующим образом:

$$k_i = \frac{q^2}{2\pi l p_* \Delta p_{i-1}} \ln \frac{r_i}{r_{i-1}}. \quad (21)$$

Полученные зависимости позволяют произвести полный технологический расчет радиальных фильтров при очистке жидкости, содержащей взвешенные и эмульгированные вещества. Приведенные выше формулы позволяют получить решения многих частных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саркисян В. С., Читчан А. Ж., Саркисян А. А. Основные закономерности процесса осветления суспензий на водоочистных фильтрах // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН.—1986.—Т. XXXIX, № 5.—С. 39—42.
2. Веригин Н. И. Метод расчета фильтров // Водоснабжение и санитарная техника.—1984.—№ 7.—С. 25—26.