

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ФИЛЬТРАЦИИ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ РУДНЫХ ПЕСКОВ

Розглядається стаціонарний режим фільтрації у шарі, що збезводнюється на вакуум-фільтрі. Запропоновано методику розрахунку стаціонарного режиму фільтрації у тонкому шарі, що рухається.

Стационарный режим фильтрации устанавливается при условии, что расход  $Q_{\text{под}}$  и концентрация твердого в подаче в течение продолжительного промежутка времени не изменяются. В этом случае форма поверхности депрессии в системе координат  $O'\xi z$  остается неизменной, а компоненты скорости  $V_x, V_z$  зависят только от переменных  $\xi, z$ . При этом уравнения фильтрации принимают вид [1]

$$U_0 \frac{\partial V_x}{\partial \xi} + \frac{g}{k} V_x = -g \frac{\partial h}{\partial \xi}, \quad (1)$$

$$U_0 \frac{\partial V_z}{\partial \xi} + \frac{g}{k} V_z = -g \frac{\partial h}{\partial z}. \quad (2)$$

Уравнение для напора имеет вид

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0, \quad (3)$$

а форма свободной поверхности

$$z = H(\xi) \quad (4)$$

не зависит от времени.

Точное решение нелинейной задачи для системы (1)-(3) с нелинейными условиями [1] на свободной границе в настоящее время не представляется возможным даже для стационарного режима. Однако, учитывая то, что масштаб области фильтрации по оси  $z$  (толщина  $H_0$ ) гораздо меньше масштаба по оси  $x$  (длина ленты  $l$ ), т.е.  $H_0/l = \varepsilon \ll 1$ , легко видеть, что отношение

$$\frac{\partial h}{\partial \xi} / \frac{\partial h}{\partial z} \sim \varepsilon \quad (5)$$

будет иметь порядок  $\sim \varepsilon$ , так что продольный градиент  $\frac{\partial h}{\partial \xi}$  гораздо меньше, чем поперечный  $\frac{\partial h}{\partial z}$ , и значит компонента скорости  $V_x$  гораздо меньше, чем  $V_z$ :

$$V_x/V_z \sim \varepsilon. \quad (6)$$

Последнее соотношение позволяет рекомендовать следующую приближенную схему решения поставленной задачи.

Рассмотрим уравнение (2) в движущейся системе координат  $Oxz$ :

$$\frac{\partial V_z}{\partial t} + \frac{g}{k} V_z = -g \frac{\partial h}{\partial z} \quad (7)$$

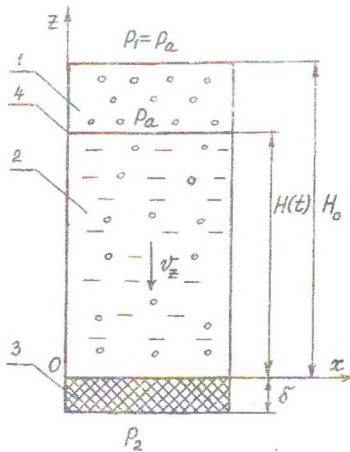
и, учитывая оценки [1], в первом приближении пренебрежем продольным градиентом  $\frac{\partial h}{\partial z}$  и скоростью  $V_x$ . В этом случае

$$\frac{\partial V_z}{\partial z} = 0, \quad (8)$$

т.е.  $V_z$  может зависеть только от времени, но не от  $z$ .

Система уравнений (7), (8) показывает, что в принятом приближении каждый подвижный вертикальный элемент осадка на ленте ведет себя независимо от соседних элементов и пребывает в условиях одномерной фильтрации вдоль оси  $z$ , перемещаясь как единое целое со скоростью  $U_0$  от начального сечения А-А до выходного сечения В-В.

Рассмотрим одномерную фильтрацию в элементе, связанном с движущейся системой координат  $Oxz$  (рис. 1).



- 1 — обезвоженный продукт;
- 2 — сгущенный неотфильтрованный продукт;
- 3 — фильтровальная перегородка (элемент ленты);
- 4 — движущаяся свободная поверхность

Рис. 1 - Схема фильтрации в подвижном элементе

Указанный элемент в общем случае состоит из слоя отфильтрованного продукта 1, слоя неотфильтрованного продукта 2 и слоя фильтровальной перегородки 3.

родки толщиной  $\delta$ . В подвижной системе процесс фильтрования нестационарный и высота уровня свободной поверхности меняется с течением времени  $z = H(t)$ .

Из (8) и (7) следует, что при постоянном по высоте коэффициенте фильтрации напор является линейной функцией от координаты  $z$ . Обозначим коэффициент фильтрации для продукта через  $k_1$ , а для фильтровальной перегородки через  $k_2$ . Тогда для напора внутри слоя имеем

$$h_1 = a_1 + b_1 z, \quad (9)$$

внутри перегородки

$$h_2 = a_2 + b_2 z. \quad (10)$$

Здесь величины  $a_1$ ,  $b_1$ ,  $a_2$  и  $b_2$  – неизвестные функции от времени, для определения которых служат следующие условия:

а) над свободной поверхностью  $z = H(t)$  давление равно атмосферному, т. е.

$$h_1 = a_1 + b_1 z \Big|_{z=H(t)} = H + \frac{P_1}{\rho g}; \quad (11)$$

б) под фильтровальной перегородкой давление равно давлению вакуумной установки, так что

$$h_2 = a_2 + b_2 z \Big|_{z=-\delta} = -\delta + \frac{P_2}{\rho g}; \quad (12)$$

в) на границе контакта слоя с фильтровальной перегородкой  $z = 0$  давление непрерывно, т.е.

$$h_1 \Big|_{z=0} = h_2 \Big|_{z=0}; \quad (13)$$

г) по условию несжимаемости (8) величина скорости  $V_z$  внутри слоя и фильтровальной перегородки одинакова

$$V_{z1}(t) \equiv V_{z2}(t). \quad (14)$$

Условия (11), (12) и (13) приводят соответственно к равенствам

$$a_1 + b_1 H = H(t) + \frac{P_1}{\gamma}; \quad a_2 - b_2 \delta = -\delta + \frac{P_2}{\gamma}; \quad a_1 = a_2. \quad (15)$$

Чтобы воспользоваться условием (14), сначала найдем выражения для скорости  $V_z$ . Из (7), (9) и (10) для слоя и фильтровальной перегородки имеем уравнения

$$\frac{\partial V_{z_{1,2}}}{\partial t} + \frac{g}{k_{1,2}} V_{z_{1,2}} = -g b_{1,2}, \quad (16)$$

откуда, пользуясь начальным условием

$$V_z|_{t=0} = 0, \quad (17)$$

получим

$$V_{z_1} = -g \exp(-gt/k_1) \int_0^t b_1(\tau) \exp(g\tau/k_1) d\tau, \quad (18)$$

$$V_{z_2} = -g \exp(-gt/k_2) \int_0^t b_2(\tau) \exp(g\tau/k_2) d\tau.$$

Соотношение (14), с учетом (18), приводит к следующему условию

$$\dot{b}_2 - \dot{b}_1 = g \left( \frac{b_1}{k_2} - \frac{b_2}{k_1} \right). \quad (19)$$

Одновременно с этим, при помощи условия (15), получим

$$b_1 H + b_2 \delta = H + \delta + \frac{P_1 - P_2}{\gamma}, \quad (20)$$

откуда

$$\dot{b}_1 H + \dot{b}_2 \delta = \dot{H}(1 - b_1). \quad (21)$$

Из (19) и (21) получим систему дифференциальных уравнений для определения  $b_1$  и  $b_2$ :

$$\dot{b}_1(H + \delta) = \dot{H}(1 - b_1) - g\delta \left( \frac{b_1}{k_2} - \frac{b_2}{k_1} \right), \quad (22)$$

$$\dot{b}_2(H + \delta) = \dot{H}(1 - b_1) + gH \left( \frac{b_1}{k_2} - \frac{b_2}{k_1} \right). \quad (23)$$

Начальные условия для системы (22), (23) определяются из равенства (20) при  $t = 0$ :

$$b_1(0)H_0 + b_2(0)\delta = H_0 + \delta + \frac{P_1 - P_2}{\gamma}$$

и уравнения (16), которое при  $t = 0$  с учетом (14) и (17) дает

$$b_1(0) = b_2(0),$$

откуда

$$b_1(0) = b_2(0) = \frac{H_0 + \delta + \frac{P_1 - P_2}{\gamma}}{H_0 + \delta}. \quad (24)$$

Таким образом, полученных зависимостей достаточно для расчета характеристик фильтрации в движущемся тонком слое, который находится на поверхности ленточного вакуум-фильтра.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сокил А.М. Постановка задачи обезвоживания сгущенного продукта на ленточном вакуум-фильтре // Межвед. сб. тр. Геотехническая механика. – №25. – 2001. – С.

УДК 622.794.3 (043.3)

Е.Е. Гарковенко

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВАКУУМ-ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ УГЛЕЙ

Розглянуто питання впливу основних факторів процесу зневоднювання на технологічні параметри вакуум-фільтрів, використовуваних для збагачення вугілля.

Работу фильтров оценивают по их удельной производительности с единицы фильтрующей поверхности по сухому осадку или по объему фильтрата. Основной показатель работы фильтра – влажность кека. Производительность фильтра зависит от многих конструктивных и технологических параметров: гранулометрического состава и содержания твердого в питании, разрежения или избыточного давления, продолжительности цикла фильтрования, интенсивности перемешивания пульпы в ванне фильтра, вязкости пульпы, сопротивления осадка и фильтровальной перегородки.

Процесс фильтрования является сложным процессом, показатели которого зависят от многих факторов[1]. В связи с этим необходимо рассмотреть основные факторы, определяющие качество конечного продукта.

Наличие в пульпе тонких частиц шламов обуславливает уменьшение пористости фильтрующей среды, вследствие чего снижается производительность фильтра и повышается влажность кека. Производительность фильтра увеличи-