

УДК 628.16.067

**В. И. ПРОГУЛЬНЫЙ**

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПОРИСТОГО ДРЕНАЖА ВОДООЧИСТНЫХ  
ФИЛЬТРОВ НА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

Проведен численный расчет пористого дренажа в зависимости от основных его параметров, который показал достоверность разработанной методики расчета, т.к. полученные результаты соответствуют физическим представлениям о процессе.

**промывка фильтра, дренаж, математическая модель**

Дренажи являются одним из наиболее важных конструктивных элементов водоочистных фильтров, значительно влияющих на эффективность очистки и себестоимость воды.

К дренажно-распределительным системам скорых водоочистных фильтров предъявляется множество требований, главным из которых является обеспечение равномерного поля скоростей при промывке и фильтровании. В случае, если это условие не выполняется, потоки промывной воды будут распределены по площади фильтра неравномерно. В результате часть фильтрующей загрузки будет промыта плохо, что приведет к постепенному накоплению загрязнений в непромытой части фильтра. В результате может наступить такой момент, когда часть загрузки при промывке не будет взвешиваться и не промоется совсем. Особенно опасно то, что процесс неравномерной промывки будет прогрессировать со временем.

При фильтровании непромытая загрузка в процессе очистки практически не участвует, потому скорости фильтрования в работающих зонах фильтра будут значительно выше средних. Со временем размеры работающей зоны фильтра будут уменьшаться, что приведет к возрастанию нагрузки на эту зону. Одновременно ухудшается качество фильтрата, растут потери напора, сокращается фильтроцикл, падает производительность фильтра [1]. Описанные неприятности не будут происходить в том случае, когда промывка происходит равномерно, а в фильтровании участвует вся загрузка.

Существует множество конструкций дренажей скорых водоочистных фильтров, наиболее распространенными из которых являются пористые дренажи [2-5], наиболее близко удовлетворяющие описанным выше требованиям.

На рис. 1 приведена схема пористого полимербетонного дренажа лоткового типа конструкции ОГАСА [5]. Дренаж состоит из опорных стенок, образующих лотки, перекрываемые полимербетонными плитами. На входе в лотки имеются патрубки, сопротивление которых обеспечивают необходимый расход в начале каждого лотка.

Таким образом, промывная вода вдоль лотка движется с непрерывным изменением расхода по длине, а в боковом канале – с дискретным изменением расхода от патрубка к патрубку.

Ранее была разработана математическая модель такого дренажа, базирующаяся на уравнении пьезометрической линии, полученной на основе уравнения энергии В. В. Дильманом и др. [6], а также методика гидравлического расчета. Для описания истечения воды из лотка (канала) использовалось степенное уравнение движения жидкости через пористую стенку [7]

$$H - h = C \delta v^{(2-m)} V_f^m,$$

где  $V_f$  – скорость фильтрования воды через пористую стенку;  $C$  – коэффициент, учитывающий гидравлические характеристики пористой стенки, зависящие от крупности заполнителя, его

пористости и степени кольматации;  $\delta$  – толщина плиты;  $\nu$  – вязкость воды;  $m$  – показатель степени ( $1 \leq m \leq 2$ ; при линейном законе сопротивления  $m=1$ , а при квадратичном законе  $m=2$ );  $h$  и  $H$  – напоры до и после пористой стенки.

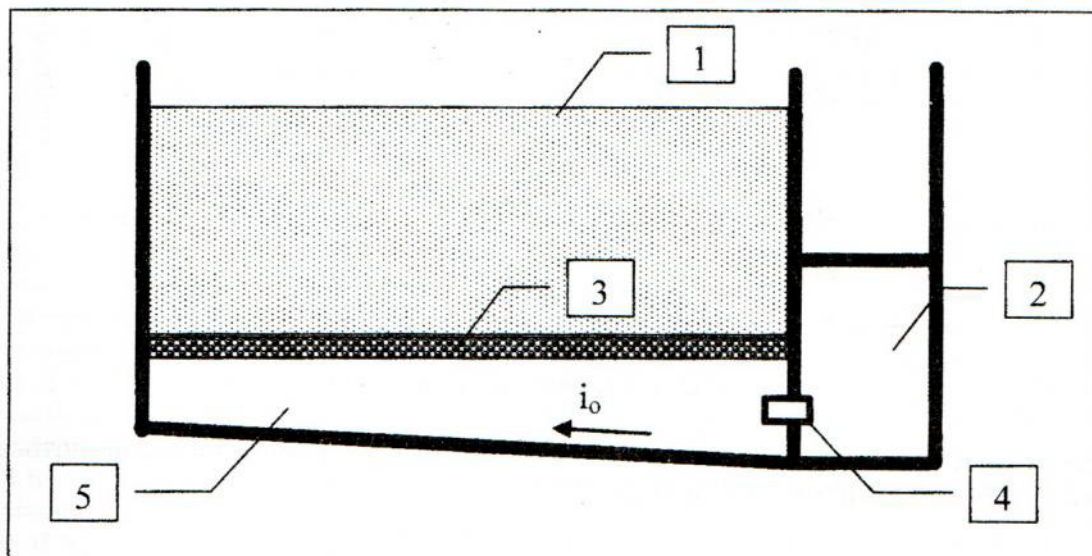


Рис. 1. Схема полимербетонного дренажа лоткового типа: 1 – фильтрующая загрузка; 2 – сборный канал; 3 – пористый полимербетон; 4 – патрубок с диафрагмой; 5 – распределительный лоток.

Математическая модель была реализована с помощью специально разработанной программы приложения Microsoft Excel. Расчет распределительного лотка выполнялся пошагово-итерационным способом, а сборного канала – пошаговым от патрубка к патрубку [8].

С помощью полученной математической модели и разработанных методов расчета было произведено численное исследование модели на фильтре реальных размеров: площадь ячейки –  $F=30\text{ м}^2$ , длина лотка  $L=4,0\text{ м}$ , его сечение –  $0,25 \times 0,3\text{ м}$ , длина канала –  $7,5\text{ м}$ , сечение прямоугольное –  $0,7 \times 1,0\text{ м}$ , толщина полимербетонной плиты –  $0,05\text{ м}$ , шероховатость стен лотка и канала –  $2\text{ мм}$ , коэффициент  $C=1,0$ , показатель степени  $m=1,67^1$ . Расчеты выполнялись при относительном шаге счета  $0,01$  ( $\Delta x = 4,0\text{ см}$ ).

Изучалось влияние следующих параметров:

- относительного шага счета  $\Delta x/x_k = 0,01-0,1$ ;
- шероховатости  $\Delta = 0-6\text{ мм}$ ;
- коэффициента  $C = 0,5-2,0$ ;
- интенсивности промывки  $V_{\text{пр}} = 12-18\text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ ;
- уклона дна лотка  $i_0 = 0-0,07$ .

Исследовано влияние перечисленных параметров на напор в начале лотка  $H_{\text{но}}$  и неравномерность распределения расходов по длине лотка, которая вычислялась по формуле

$$\beta = q_{\text{min}} / q_{\text{cp}},$$

где  $q_{\text{min}}$  и  $q_{\text{cp}}$  – минимальное и среднее значение оттока.

Как показали расчеты, шаг счета при  $\Delta x/x_k \leq 0,1$  практически не влияет на результаты, аналогичные результаты были получены и при варьировании шероховатости ( $\Delta d \leq 6\text{ мм}$ ). На рис. 2-4 показано влияние коэффициента  $C$ , уклона и  $V_{\text{пр}}$ .

Как видно из рис. 2, увеличение  $C$ , соответствующее росту сопротивления дренажных плит, приводит к небольшому росту напора в начале лотка, а также к стремлению  $\beta$  к  $1,0$  (раздача более равномерная), что вполне соответствует физическим представлениям о процессе. С увеличением интенсивности промывки (рис.3)  $\beta$  несколько уменьшается, а напор растет, однако этот рост крайне мал. При изменении начального расхода в  $1,5$  раза напор меняется на  $4,1\text{ см}$ , или на  $1,4\%$ .

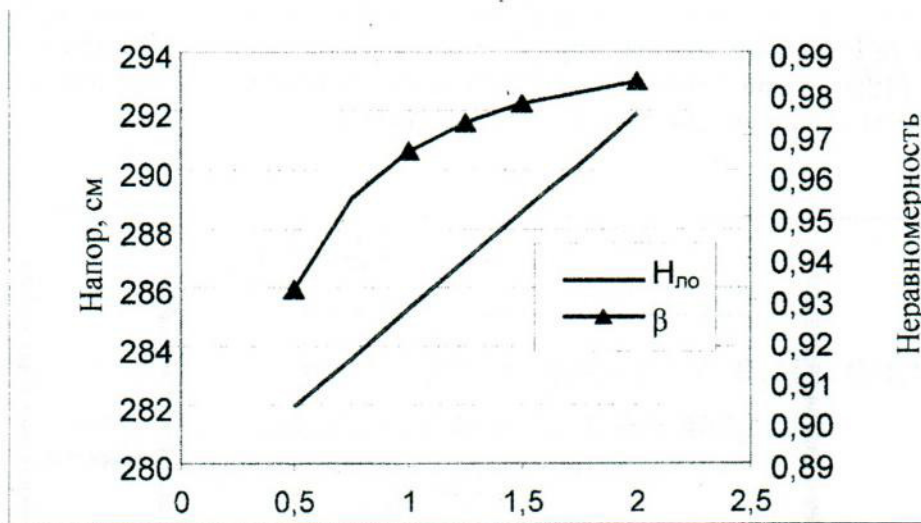


Рис. 2. Влияние коэффициента C.

Увеличение уклона дна лотка приводит к выравниванию скоростей по длине потока, что должно способствовать более равномерной раздаче.

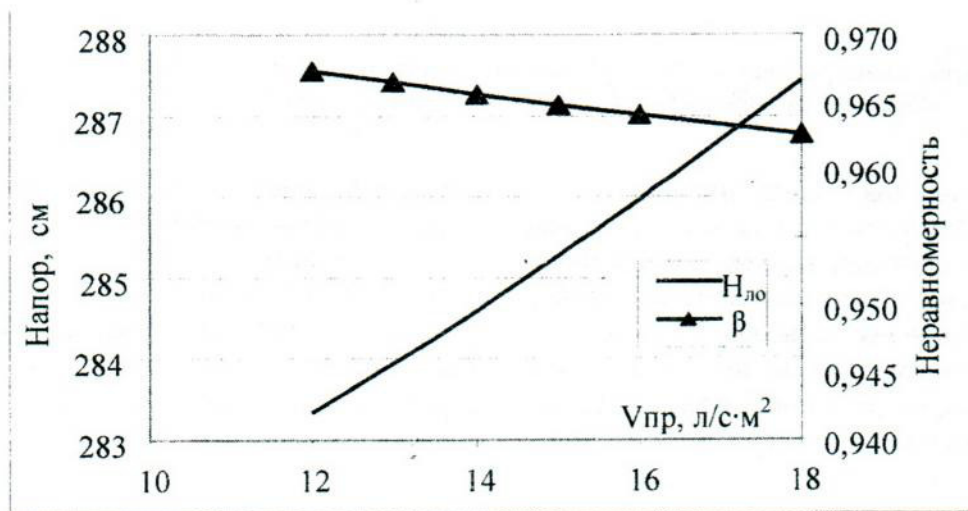


Рис. 3. Влияние интенсивности промывки.

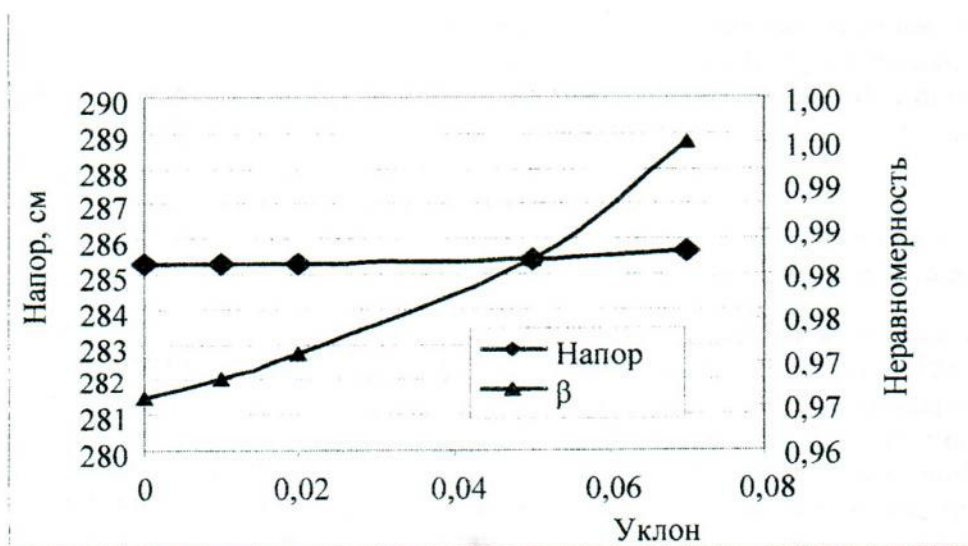


Рис. 4. Влияние уклона.

Такой уклон достаточно просто может быть реализован в натуре – для этого необходимо устроить набетонку внутри канала. Как видно из рис. 4, с увеличением  $i_0$  напор в начале лотка практически не изменится, однако раздача становится, как и предполагалось, значительно более равномерной.

Таким образом, проведенные исследования работы пористого полимербетонного дренажа на математической модели показали, что разработанная методика расчета является достоверной, т.к. полученные результаты численного расчета соответствуют физическим представлениям о процессе.

Задачей дальнейших исследований является апробация математической модели в производственных условиях на действующих водопроводных сооружениях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николадзе Г.И., Минц Д.М., Кастальский А.А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. - М.: Высш. шк., 1984-368 с.
2. Проспект научно-производственной фирмы «Экотон».
3. Проспект научно-производственной фирмы «Экополимер».
4. Проспект научно-производственной фирмы «Полисток».
5. Грабовский П.А., Ларкина Г.М. Полимербетонный дренаж и интенсификация работы скорых фильтров. Сб. «Современные технологии и оборудование для обработки воды на водоочистных станциях» - Госстрой России, НИИКВОВ - М.:1997, с.64-67.
6. Дильман В.В., Сергеев С.П., Генкин В.С. Описание движения жидкости в канале с проницаемыми стенками на основе уравнения энергии. //Теор. осн. хим. технологии.- 1971.-т.5, № 4. -с. 564-571.
7. Грабовский П.А., Прогульный В.И. Отвод промывной воды из фильтров через пористую стенку. // Изв. Вузов. Строительство и архитектура. - 1987. -№4. - с. 100 - 104.
8. Грабовский П.А., Прогульный В.И. Численные методы решения задач движения жидкости в водоснабжении и водоотведении. Тезисы докладов VI международного конгресса «Вода: экология и технология»- Экватэк-2004 - М: 2004-с. 577-578

Получено 24.08.2006

В. Й. ПРОГУЛЬНИЙ

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПОРИСТОГО ДРЕНАЖУ ВОДООЧИСНИХ ФІЛЬТРІВ НА МАТЕМАТИЧНІЙ МОДЕЛІ

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Проведено чисельний розрахунок пористого дренажу в залежності від основних його параметрів, що показав вірогідність розробленої методики розрахунку, тому що отримані результати відповідають фізичним уявленням про процес.

V. PROGULNYI

RESEARCH OF POROUS WATER FILTER DRAINAGE SYSTEM BY MATHEMATICAL MODEL

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

The numerical calculation of a porous drainage system depending on its fundamental parameters, because the results obtained correspond to the physical ideas of the process, are given in the article