

Грачѳв И. А.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г.Одесса

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДЫ СБОРНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ

Сборно-распределительные системы являются важной составляющей сооружений водоподготовки, поэтому к ним предъявляются особые требования. Одним из таких требований, является обеспечение необходимой степени равномерности распределения и сбора воды. Решение этой задачи представляется достаточно сложным, несмотря на то, что ей посвящены многочисленные исследования. В большинстве случаев используемые методики расчета являются приближенными.

Недостаточная равномерность распределения воды приводит к снижению качества очищаемой воды, к повышению расходов на эксплуатацию очистных сооружений. Например, в дренажно-распределительных системах скорых водоочистных фильтров неравномерное распределение воды при промывке приводит к тому, что образуются зоны повышенных и пониженных скоростей. В тех местах, где скорости восходящего промывного потока ниже средних, фильтрующая загрузка будет отмываться хуже, поэтому приходится увеличивать продолжительность промывки, что ведет к росту эксплуатационных расходов на подачу дополнительного объема воды.

Неравномерность распределения и сбора воды в дырчатой трубе, в основном, обусловлена перепадом давлений в начале и конце распределителя, вызванного изменением скоростного напора.

Существуют различные методы оценки неравномерности распределения расходов. Так, в [1] используется среднеквадратичное отклонение скоростей от средней скорости, в [2, 3] определяется отклонение давлений в распределителе от среднего, а И.Е. Идельчик [4] предлагает использовать коэффициенты Кориолиса и Буссинеска, подсчитанные по полям скоростей в аппарате. В водоснабжении неравномерность промывки оценивают относительным отклонением максимальных интенсивностей от минимальных [5].

Обобщение данных по неравномерности работы распределителей и сборников воды в различных водоочистных сооружениях сделано А.И. Егоровым [6]. Он рекомендует при промывке фильтровальных сооружений принимать допустимую неравномерность 4%.

В работе [7] показано, что неравномерность распределения расходов при промывке определяется не только неравномерностью поля давлений, но и неравномерностью сопротивлений. Однако эта неравномерность в большинстве известных методов расчета не учитывается. Исследования коэффициентов расхода отверстий в трубчатых распределителях были выполнены в работах [8, 9], а А.И. Егоров [8] получил эмпирическую зависимость для коэффициента расхода круглых отверстий:

$$\mu = 0,95 - 0,17 \left[ (Re' + 1) \delta' \right]^{0,4}, \quad (1)$$

где  $Re' = Re_n/Re_c$  – отношение чисел Рейнольдса основного потока и вытекающей струи;

$\delta' = \delta/d_o$  – относительная длина отверстия (толщина стенки трубы).

По формуле (1) коэффициент расхода в трубчатых перфорированных распределителях может существенно изменяться по длине. Оценка, выполненная по формуле (1) для дренажного трубопровода скорого фильтра при реальных его размерах показала, что коэффициент расхода первого и последнего отверстий отличаются более чем на 40% [10].

Уменьшить влияние этой неравномерности можно путем применения распределителей с переменным сечением, шагом или диаметром отверстий, однако при этом усложняется их конструкции.

Такие исследования проводились в работах А.М. Кравчука [11]. Для обеспечения необходимой степени равномерности распределения воды им получены зависимости для расчета трубопроводов переменного сечения и переменной степени перфорации боковых стенок.

Существуют конструкции распределителей, в которых влияние транзитного потока на сопротивление пренебрежительно мало – например, раздающий трубопровод с цилиндрическими патрубками в виде конфузоров. Так как основные потери напора будут в конфузоре, влияние транзитного потока на его сопротивление будет минимальным и, следовательно, коэффициент расхода по длине распределителя будет меняться незначительно, что подтверждено экспериментально [9].

В случае применения пористых распределителей с достаточно большой толщиной стенки основные потери напора будут при движении жидкости в поровом пространстве. И в таком случае влияние транзитного потока будет незначительным, что также подтверждено экспериментально в работе [7].

Второй причиной неравномерностей сопротивлений являются погрешности изготовления и монтажа элементов дренажной системы. Разброс этих сопротивлений зависит от большого числа факторов, которые невозможно детально учитывать. В работе [7] установлено, что для уменьшения этой неравномерности необходимо устраивать дренажи с большим числом элементов на единицу площади. Здесь же, исходя из статистического подхода, получена зависимость для определения коэффициента неравномерности, обусловленного различным сопротивлением элементов пористого полимербетонного дренажа:

$$K_\delta = \left( \frac{1 + t_{pm1} \Delta \bar{S} / 3 \sqrt{m_1}}{1 - t_{pm0} \Delta \bar{S} / 3 \sqrt{m_0}} \right)^{1/n}, \quad (2)$$

где  $t_{pm0}$ ,  $t_{pm1}$  – коэффициенты Стьюдента, зависящие от числа элементов дренажа  $m_0$ ,  $m_1$  и доверительных вероятностей  $p_0$  и  $p_1$ ;

$\Delta \bar{S} = \Delta S / S_c$  – относительное отклонение (отношение максимального отклонения к расчетному сопротивлению);

$m_0$  – общее число элементов дренажа фильтра;  
 $m_1$  – число элементов дренажа на представительной площади фильтра  $f_1$ , которая принимается в зависимости от полезной площади фильтра.

Потери напора при притоке воды через стенку пористой трубы описывается следующей зависимостью:

$$\Delta h = k_{\delta} C \delta v^{2-n} V_f^n, \quad (3)$$

где  $\Delta h$  – потеря напора в пористой перегородке, см;

$\delta$  – толщина перегородки, см;

$v$  – кинематическая вязкость воды, см<sup>2</sup>/с;

$V_f$  – скорость фильтрования, см/с;

$C$  – коэффициент, зависящий от гранулометрического состава заполнителя полимербетона и степени плотности его укладки;

$n$  – показатель степени, который можно принимать равным 1,67 (при числах Рейнольдса  $Re = V_f d / v = 15-200$ ).

1. Гельперин Н.И. Оценка поперечной неравномерности в аппаратах с псевдооживленным слоем / Н.И. Гельперин, В.Г. Айнштейн, Л.Д. Погорелая, В.В. Носова // Хим. промышл., 1979. – №7. – С. 18-21.

2. Чукин В.В. Газораспределение в плотном слое / В.В. Чукин, Р.Ф. Кузнецов // Инж.-физ. журнал, 1967. – т.8. – №1. – С. 74-78.

3. Остапенко В.А. Некоторые вопросы гидродинамики каталитических реакторов / В.А. Остапенко, М.Г. Слинько // Сб. Аэродинамика химических реакторов. – Новосибирск, 1976. – С. 4-30.

4. Идельчик И.Е. Аэродинамика промышленных аппаратов / И.Е. Идельчик. – М.: Энергия, 1964. – 287 с.

5. Клячко В.А. Очистка воды для промышленного водоснабжения / В.А. Клячко, А.А. Кастальский. – М.: Стройиздат, 1950. – 335 с.

6. Егоров А.И. Определение допустимой степени неравномерности распределения и сбора воды в водопроводных очистных сооружениях / А.И. Егоров // Тр. ин-та ВОДГЕО «Научные исследования в области водоснабжения». – М., 1978. – Вып. 75. – С. 65-73.

7. Грабовский П.А. Интенсификация скорых фильтров совершенствованием регенерации загрузки и конструкций дренажа: Диссерт. на соискание ученой степени докт. техн. наук. – Одесса, 1990, – 363с.

8. Егоров А.И. Гидравлический расчет трубчатых систем для распределения воды в водопроводных очистных сооружениях / А.И. Егоров. – М.: Стройиздат, 1960. – 14 с.

9. Лапшев Н.Н. Исследование коэффициента расхода рациональной конструкции оголовка рассеивающего выпуска сточных вод / Н.Н. Лапшев, П.А. Грабовский // Мат-лы 3<sup>го</sup> Всесоюзного симпозиума по вопросам самоочищения водоемов и смешения сточных вод. – Таллинн, 1969. – Ч.2. – С. 80-87.

10. Грабовский П.А. Неравномерность сопротивлений в дренажно-распределительных системах / П.А. Грабовский // Гидравлика и гидротехника. – М., 1987, Вып. 45 – С. 69-73.

11. Кравчук А.М. Гідравліка змінної маси напірних трубопроводів технічних систем: автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня докт. техн. наук, – К., 2004. – 35 с.