

**НЕРАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ  
СБОРНО-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ  
ВОДОПРОВОДНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

**Прогульный В.И., Богомолов Е.В.** (*Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса*)

**Произведена оценка неравномерности сбора воды пористым желобом и пористой трубой, которая показала, что она не окажет существенного влияния на их работу.**

Одним из основных требований, предъявляемых к сборно-распределительным системам водопроводных сооружений, является обеспечение необходимой степени равномерности распределения и сбора воды. Несмотря на то, что этой задаче посвящены многочисленные исследования, решение ее представляется достаточно сложным, поэтому в большинстве случаев используемые методики расчета являются приближенными.

В дренажно-распределительных системах скорых водоочистных фильтров неравномерное распределение воды при промывке приводит к тому, что образуются зоны повышенных и пониженных скоростей. В результате в тех местах, где скорости восходящего промывного потока ниже средних, фильтрующая загрузка будет отмываться хуже, придется увеличивать продолжительность промывки, что ведет к росту эксплуатационных расходов на подачу дополнительного объема воды. В системах отвода промывной воды из скорых фильтров наблюдается та же картина: неравномерный сбор загрязненной воды с площади фильтра также удлиняет промывку, ведет к накоплению остаточных загрязнений, уменьшает фильтроцикл. Ниже рассмотрены причины возникновения неравномерности распределения воды в сборно-распределительных системах водопроводных сооружений и пути их снижения.

Неравномерность распределения и сбора воды в дырчатой трубе, в основном, обусловлена перепадом давлений в начале и конце распределителя, вызванного восстановлением скоростного напора. Известные методики расчета распределителей и сборников основаны на определении общего изменения пьезометрического напора вдоль пути движения жидкости с переменным расходом и потерь напора на входе или выходе струй через отверстия.

В условиях работы дренажа большого сопротивления при промывке скорых фильтров В.Т. Турчинович считает, что равномерность распределения воды не должна быть ниже 95%. При этом перепад давлений в отверстиях дренажа им предложено определять в зависимости от скоростного напора в коллекторе и в боковых ответвлениях по формуле:

$$H = 9V_k^2 / (2g) + 10V_o^2 / (2g), \quad (1)$$

где  $V_k$  и  $V_o$  - средние скорости движения воды соответственно в начале коллектора и боковых ответвлений.

Формула (1) является приближенной, так как здесь не учитываются потери напора на трение и на местные сопротивления.

Приведенные в работах И.М. Коновалова, Д.М. Минца, М.М. Андриашева, Г.А. Петрова и других авторов зависимости, позволяющие определить изменение пьезометрического напора по длине распределителя или сборника, также основаны на некоторых допущениях.

Существуют различные методы оценки неравномерности распределения расходов. Так в одних работах используется среднеквадратичное отклонение скоростей от средней скорости, в других определяется отклонение давлений в распределителе от среднего, а И.Е. Идельчик [1] предлагает использовать коэффициенты Кориолиса и Буссинеска, подсчитанные по полям скоростей в аппарате. В водоснабжении неравномерность промывки оценивают относительным отклонением максимальных интенсивностей от минимальных. Обобщение данных по неравномерности работы распределителей и сборников воды в различных водоочистных сооружениях сделано А.И. Егоровым. Он рекомендует при промывке фильтровальных сооружений принимать допустимую неравномерность 4%. В работе [2] неравномерность промывки оценивается отношением средней интенсивности к минимальной. Здесь же приводится соотношение для определения потерь напора в дренаже в зависимости от допустимой степени неравномерности промывки

$$h_d = \frac{9}{8} \frac{\alpha V_H^2}{2g} (1 - K_d^n \beta_d^n)^{-1} \quad (2)$$

где  $\beta_d$  - допустимая степень неравномерности промывки;  $K_d$  - неравномерность сопротивлений дренажа;  $V_H$  - начальная скорость в дренаже. В соответствии с выражением (2) потери напора в дренаже возрастают при увеличении начальной скорости, поэтому в [2] делается вывод о принципиальных преимуществах распределительных систем с поддоном по сравнению с трубчатыми дренажами.

В работе [3] отмечено, 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 изучалась многими авторами, а А.И. Егоров [4] получил эмпирическую зависимость для коэффициента расхода круглых отверстий

$$\mu = 0,95 - 0,17 [(Re + 1) \delta]^{0,4}, \quad (3)$$

где  $Re = Re_n/Re_c$  - отношение чисел Рейнольдса основного потока к вытекающей струи;  $\delta = \delta/d_o$  - относительная длина отверстия (толщина стенки трубы).

По формуле (3) коэффициент расхода в трубчатых перфорированных распределителях может существенно изменяться по длине. Оценка, выполненная по формуле (3) для дренажного трубопровода скорого фильтра при реальных его размерах показала, что коэффициент расхода первого и последнего отверстий отличаются более чем на 40%.

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

Такие исследования проводились в работах А.М. Кравчука [5]. Для обеспечения необходимой степени равномерности распределения воды им приведены зависимости для расчета трубопроводов переменного сечения и переменной степени перфорации боковых стенок.

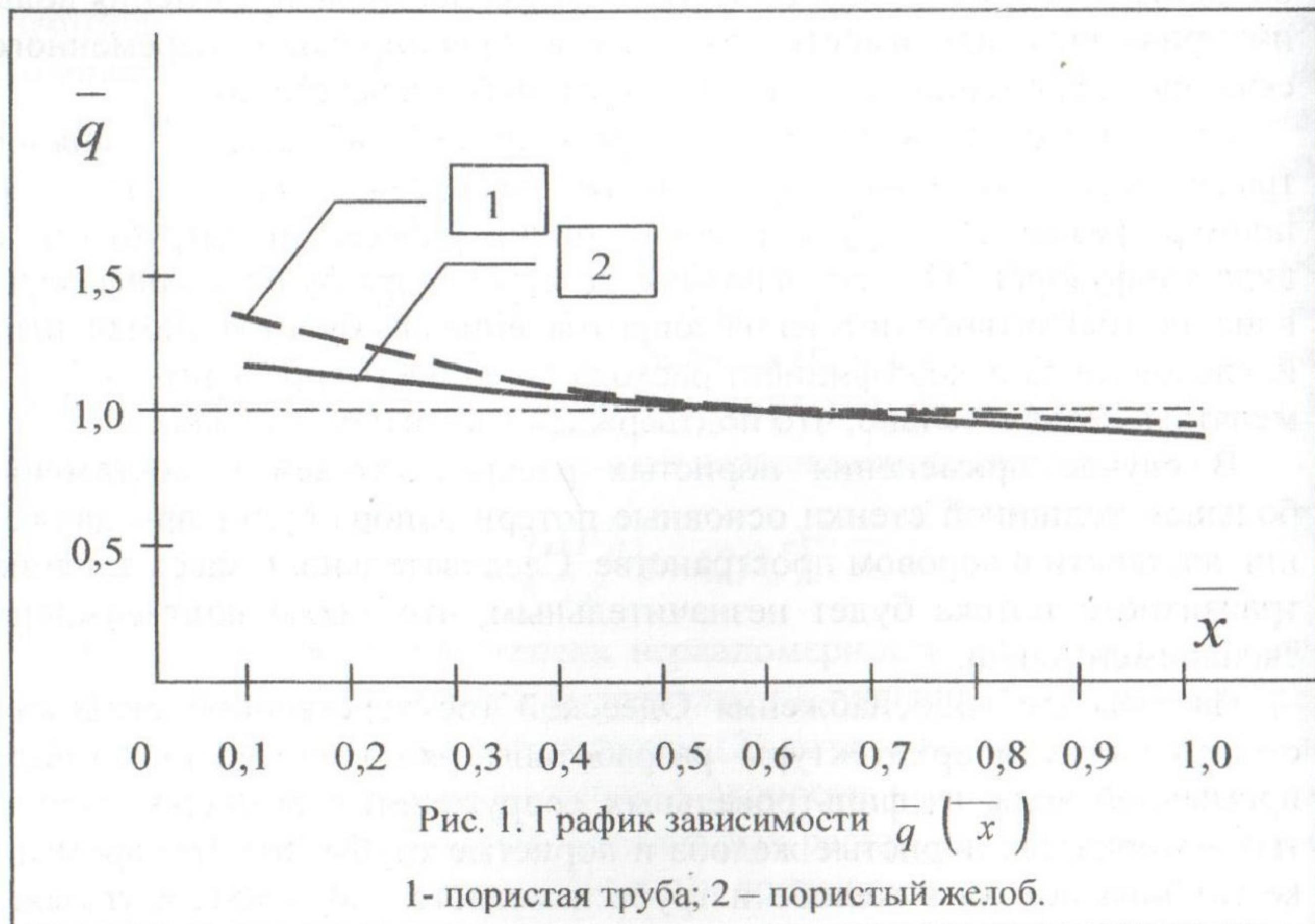
Существуют конструкции распределителей, в которых влияние транзитного потока на сопротивление пренебрежительно мало – например, раздающий трубопровод с цилиндрическими патрубками в виде конфузоров. Так как основные потери напора будут в конфузоре, влияние транзитного потока на сопротивление его будет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

В случае применения пористых распределителей с достаточно большой толщиной стенки основные потери напора будут при движении жидкости в поровом пространстве. Следовательно, и здесь влияние транзитного потока будет незначительным, что также подтверждено экспериментально.

На кафедре водоснабжения Одесской государственной академии строительства и архитектуры разработаны ряд конструкций отвода промывной воды из фильтровальных сооружений с помощью пористых материалов: пористые желоба и пористые трубы [6]. При промывке глубина потока в желобе и трубе изменяется по длине, а уровень воды снаружи остается неизменным. В связи с этим перепад этих уровней по длине также будет переменным. В результате там, где пе-

репад будет наибольшим, возникают зоны повышенных скоростей сбора воды и, наоборот, там, где перепад минимальный - зона пониженных скоростей. Для оценки степени возможной неравномерности сбора воды этими устройствами были разработаны компьютерные программы, по которым был произведен расчет пористого желоба и пористой стенки для реального скорого фильтра. Результаты расчета иллюстрируются графиком (рис. 1) зависимостью  $\bar{q}(\bar{x})$ , где  $\bar{q} = qL/Q$  - относительный приток в рассматриваемом сечении желоба или трубы;  $L$  - длина желоба или трубы, см;  $Q$  - расход воды в выходном сечении, см<sup>3</sup>/с;  $\bar{x} = x/L$  - относительное расстояние от выходного до рассматриваемого сечения. Пунктирной линией показано значение среднего притока.

Из рис. 1 видно, что наибольшее отклонение расхода от среднего значения в выходном сечении  $\bar{x} = 0,1$  составляет примерно 16% для пористого желоба и 35% для пористой трубы. Наибольшую опасность, как отмечалось ранее, представляет зона пониженных скоростей в начальном сечении, где неравномерность не превышает 8% для пористого желоба и 5% для пористой трубы.



Анализ данных позволяет сделать вывод о том, что полученные значения не окажут существенного влияния на работу пористых конструкций.

### **Выводы**

1. Произведена оценка неравномерности сбора воды пористым желобом и пористой трубой для фильтра реальных размеров, которая показала, что в зоне пониженных скоростей, которая представляет наибольшую опасность при работе этих конструкций, неравномерность не превышает 8% и 5% соответственно. Это обстоятельство не окажет существенного влияния на их работу.

2. Задачей дальнейших исследований является апробация методики оценки неравномерности сбора воды пористыми конструкциями в лабораторных условиях.

1. Идельчик И.Е. Аэродинамика промышленных аппаратов. - М.: Энергия, 1964. - 287 с.

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

3. Грабовский П.А. Интенсификация скорых фильтров совершенствованием регенерации загрузки и конструкций дренажа. Диссертация на соискание ученой степени доктора техн. наук. -Одесса, 1990. - 363с.

4. Егоров А.И. Гидравлический расчет трубчатых систем для распределения воды в водопроводных очистных сооружениях. - М.: Стройиздат. 1960. - 123 с.

5. Кравчук А.М. Гідравліка змінної маси напірних трубопроводів технічних систем. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня докт. техніч. наук, - К., 2004. -35 с.

6. Прогульный В.И. Пористые конструкции для водопроводных сооружений. //3б. допов. Міжнар. конгр. „Екологія, технол., економіка, водопостачання, каналізація (ЕТЕВК – 2005). -Ялта. -2005. - С. 269-272.