

## ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛЬМАТАЦИИ ПОРИСТОГО ПОЛИМЕРБЕТОНА ПЕСКОМ

**В.И.Прогульный, к.т.н., доцент** (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

**Теоретически обосновано и экспериментально доказано предположение о том, что для обеспечения непросыпаемости пористого полимербетона песком, размеры поровых каналов заполнителя могут превышать крупность песка.**

Скорые водоочистные фильтры являются обязательным составляющим элементом технологических схем очистки природных вод хозяйственно-питьевого назначения. Эффективная работа фильтров во многом обусловлена нормальным функционированием всех его конструктивных параметров, в том числе системой отвода промывной воды, к которой предъявляют ряд требований: предотвращение уноса загрузки при промывке, равномерность сбора загрязненной воды и т.п.

Существующие конструкции отвода воды (горизонтальные желоба, водосливы, пескоулавливающий желоб и др.) не всегда обеспечивают выполнение этих требований, в связи, с чем перспективным является применение пористых материалов.

На кафедре водоснабжения ОГАСА создан ряд конструкций отвода промывной воды, выполненных из пористого полимербетона - пористая стенка, пористые желоба и трубы [1].

Одной из важных задач проектирования пористых устройств отвода воды из скорых фильтров - подбор крупности заполнителя полимербетона. С одной стороны пористая перегородка должна обладать минимальным гидравлическим сопротивлением и, соответственно, достаточной пропускной способностью, с другой - не должно происходить выноса самых мелких зерен загрузки через поры полимербетона.

Изучением вопросов суффозии и непросыпаемости грунтов через пористые материалы занимались многие авторы: С.В. Избаш, И.С. Николодышев, А.Н. Патрашев, А.Ф. Быкодоров, В.С. Истомина, Г.Х. Праведный, Г.П. Владыченко, Н.П. Заволока и др.

Полученные ими соотношения, обеспечивающие непросыпаемость мелкозернистого грунта через крупнозернистый, справедливы для грунтов, находящихся в плотном состоянии. При этом, как правило, образуются устойчивые сводики из частиц грунта, не допускающие проникновения в крупнозернистые слои мелких частиц.

При использовании пористого полимербетона в системах отвода промывной воды из скорых фильтров сводообразования происходить не будет, так как частицы песка, соприкасающиеся с ними, находятся во взвешенном состоянии, и сводики будут постоянно разрушаться.

Подбор заполнителя в такой задаче рассмотрен в [2]. Установлено, что просыпаемость отсутствует при выполнении условия:

$$d_{cp}/d_{мин} = 5 - 7,5, \quad (1)$$

где  $d_{cp}$  - средний диаметр заполнителя пористого полимербетона;  
 $d_{мин}$  - минимальный диаметр фильтрующей загрузки.

Авторы [3] предполагают, что диаметр частиц водоносного горизонта, защищаемых от выноса через фильтр, соизмерим со средним диаметром порового канала гравийно-клеевого фильтра или больше него.

Существует множество зависимостей для определения размера поровых каналов. А.П. Карнауховым и А.В. Киселевым получено выражение для определения среднего диаметра пор одинаковых шаров:

$$D^{\circ}_{cp}/d_{ш} = 0,62E/(1-E), \quad (2)$$

где  $D^{\circ}_{cp}$  - средний диаметр пор;  $d_{ш}$  - диаметр шаров;  $E$  - пористость слоя.

Т.С. Печенкин предлагает минимальный диаметр пор грунта определять с помощью аналогичной по структуре формуле:

$$D^{\circ}_{мин}/d_{оср} = 0,44E/(1-E), \quad (3)$$

где  $d_{оср}$  - осредненный диаметр частиц грунта;

Средний диаметр пор заполнителя пористого бетона  $d_3$  Г.П. Владыченко предлагает определять с помощью зависимости:

$$D^{\circ}_{cp} = 0,12(1-E)d_3^{0,5}. \quad (4)$$

Максимальный диаметр порового канала Т.А. Шатихина и А.Ф. Быкодоров[3] определяют для случая неплотной упаковки при свободном расположении зерен заполнителя гравийно-клеевого фильтра по выражению:

$$D^{\circ}_{макс} = 0,935R_3 - 0,661b_{к.п.}, \quad (5)$$

где  $R_3$  - минимальный радиус зерен фильтра, принимаемый равным  $0,5D_{50}$ ;  $b_{к.п.}$  - толщина клеевой пленки.

На рис. 1 представлен график зависимости диаметра пор  $D^{\circ}$  от диаметра заполнителя  $d_3$ , построенный по формулам (2 - 5), где

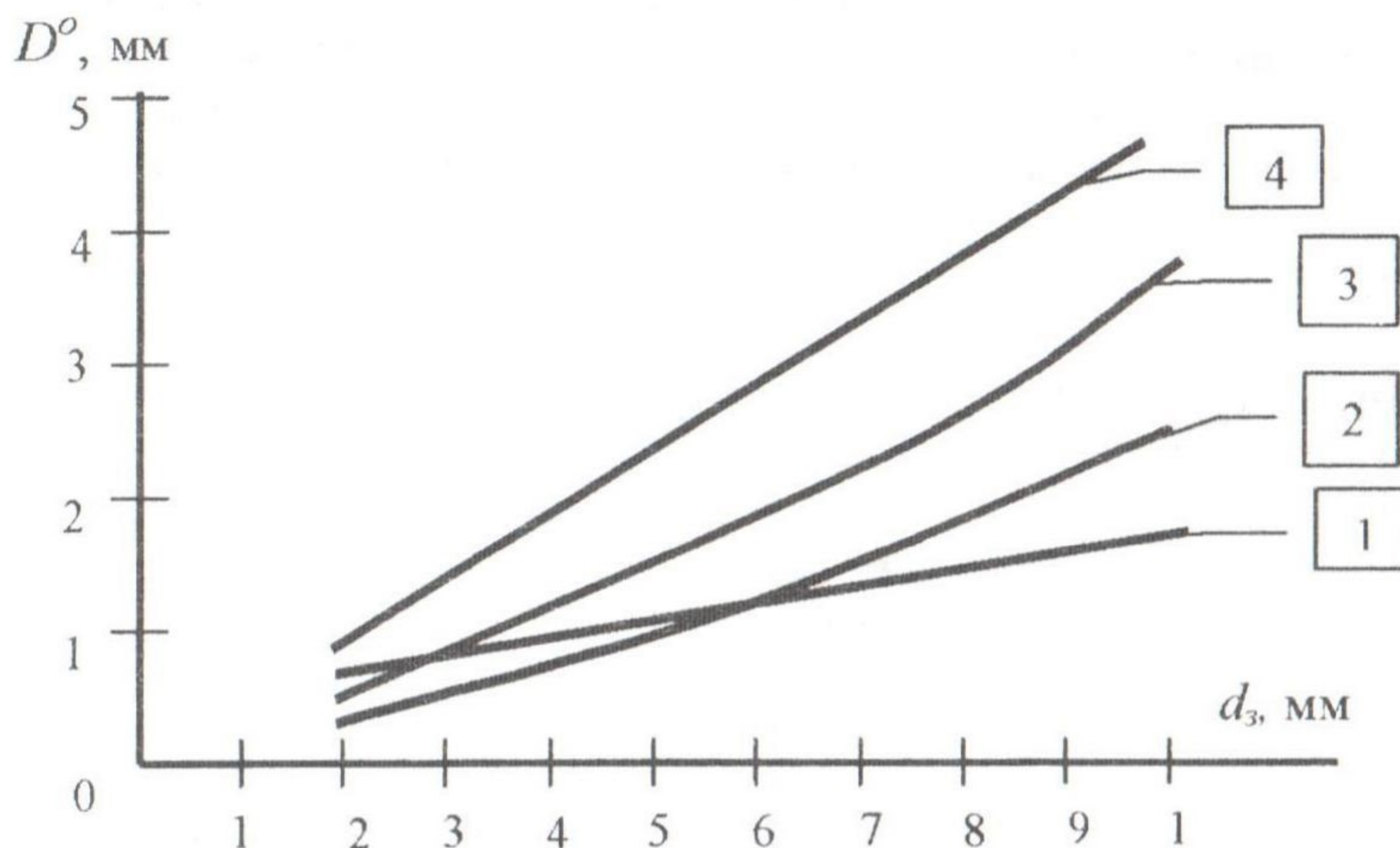


Рис. 1. Зависимость диаметра пор от диаметра заполнителя:  
 1 - по формуле (2); 2 - по формуле (3); 3 - по формуле (4);  
 4 - по формуле (5).

пористость заполнителя определена по выражению, полученному экспериментально для пористого полимербетона крупностью 3 - 10 мм:

$$E_3 = 0,25 + 0,0133 d_3.$$

Для оценки необходимой крупности заполнителя воспользуемся соотношением (1). Тогда диаметр заполнителя пористого бетона, обеспечивающий непросыпаемость частиц крупностью 0,5 мм (0,5 мм - минимальная крупность зерен фильтрующей загрузки скорых фильтров [4]), будет равен  $0,5 \times 6,2 = 3,1$  мм. В соответствии с графиком на рис. 1 размеры пор заполнителя находятся в пределах 0,6 - 1,3 мм.

Таким образом, средний диаметр пор заполнителя может быть больше минимального диаметра частиц загрузки. Это предположение основывается на том, что направления и сечение поровых каналов меняется хаотически, что препятствует проникновению частиц загрузки в пористый слой.

Для проверки сделанных предположений были проведены экспериментальные исследования, целью которых являлось изучение динамики кольтматации пористого полимербетона песком.

Эксперименты проводились на лабораторной установке, представляющую собой трубу диаметром 50 мм, в которую загружался песок крупностью 0,5 - 1,6 мм. В нижней части установки располагался дренажный диск. Подача воды осуществлялась снизу-вверх с интенсивностью  $15 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ , при этом загрузка расширялась и

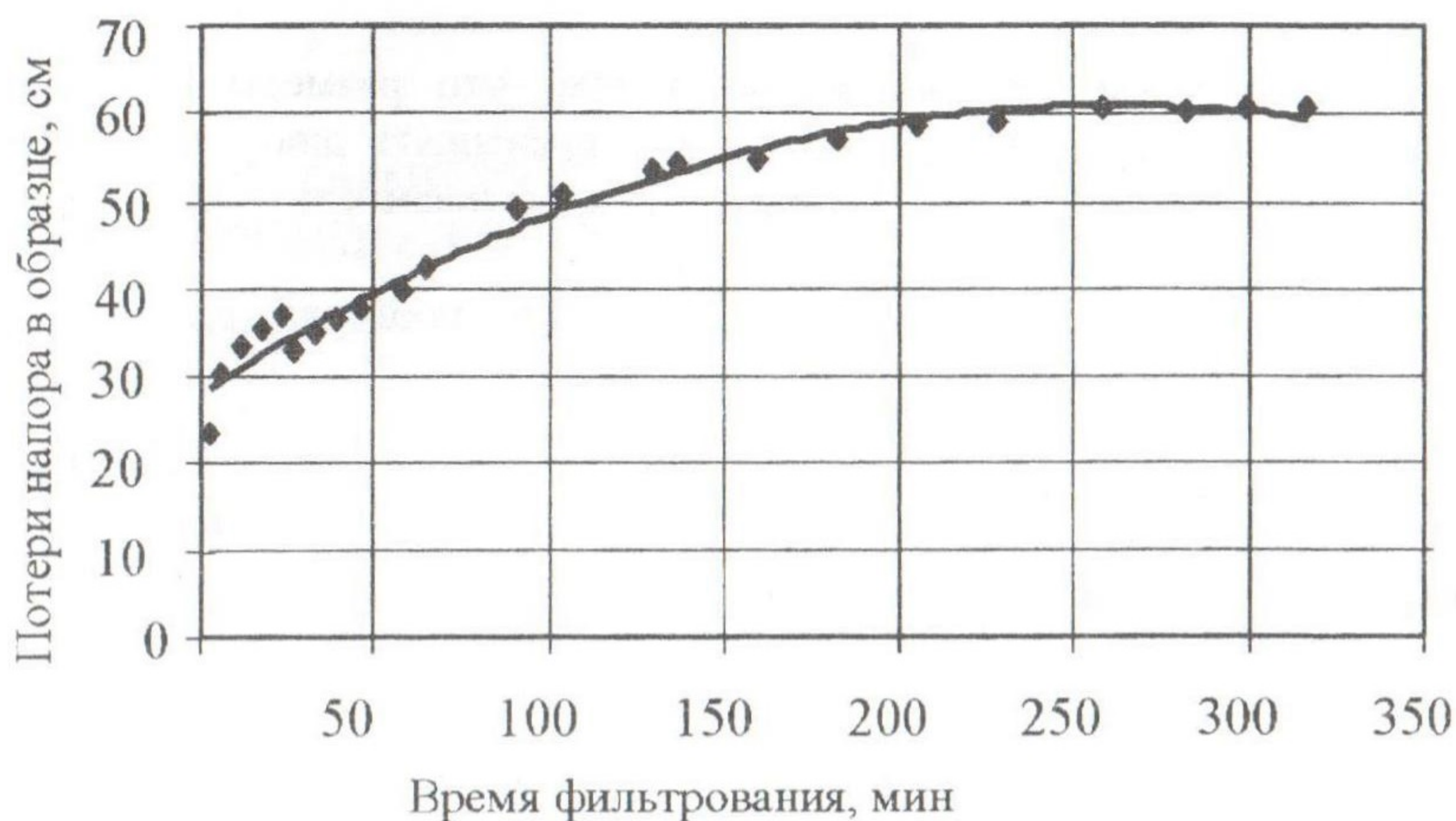


Рис. 2. Изменение потерь напора во времени

испытываемый образец полностью находился во взвешенном слое. Отвод воды осуществлялся на мелкое сито для контроля количества прошедшего через образец песка.

Испытываемый образец с пористым полимербетоном крупностью заполнителя 3 - 5 мм, толщиной 25 мм, изготавливали в металлической обойме диаметром 40 мм, длиной 50 мм. Скорость фильтрования составляла примерно 3 см/с, что соответствовало данным, полученным для скорого фильтра реальных размеров. В процессе эксперимента определяли потери напора в образце и следили выносом песка.

Результаты исследований представлены на графике зависимости потерь напора в пористом полимербетоне от времени (рис.2). Здесь видно, что потери напора в образце вначале растут, а затем, начиная с 200 мин. стабилизируются и дальнейшего роста не наблюдается. Максимальные значения потерь напора по сравнению с начальными возросли примерно в три раза. При этом выноса песка через образец не происходило.

Это объясняется тем, что в начальный момент времени часть песка, имеющего меньший размер частиц по сравнению с диаметрами поровых каналов проникает во внутрь полимербетона и заклинивается в зернах заполнителя - происходит необратимая кольтматация. Это в свою очередь препятствует проникновению через пористый слой новых частиц загрузки.

Полученные результаты полностью соответствуют математической модели кольтматации пористых слоев, разработанной в [5].

### **Выводы:**

Таким образом, предположение о том, что размеры поровых каналов пористого полимербетона могут превышать диаметр частиц песка, обеспечивая тем самым непротсыпаемость, оказались справедливым и доказаны экспериментально.

Задачей следующих исследований будет проверка сделанных предположений в производственных условиях.

### **Литература**

1. Прогульный В.И., Тельпис В.С. Выбор варианта пористых конструкций отвода промывной воды из фильтровальных сооружений. Науковий вісник будівництва ХДТУБА, №22, ХОТВ АБУ, Харків, 2003 г., -с.128-132
2. Авт. свид. СССР № 1176913, БИ № 33, 1985.
3. Шатихина Т.А., Быкодоров А.Ф. Исследование суффозии и кольматации гравийно-клеевых фильтров. //Межвуз. сб. РИСИ, 1981, -с.109-119.
4. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. - М.,1985.-130 с.
5. Грабовский П.А., Прогульный В.И. Математическая модель кольматации и регенерации крупнопористых слоев малой толщины. // Химия и технология воды, 1990, т.12, №6, -с.494-497 с.27-29.