

Тагибаев Д.Д., Баканов К.Т., Халимов Д.П., Абдурасулов Р.К.

РАСЧЕТ ЗЕРНИСТЫХ ЗАГРУЗОК И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРОВАНИЯ

D.D. Tagibaev, K.T. Bakanov, D.P. Khalimov, R.K. Abdurasulov

CALCULATION OF GRANULAR DOWNLOADS AND OPTIMIZATION OF THE FILTERING PROCESS

УДК:628.16/067.1

*В статье приведены существенные факторы для расчета и оптимизации процесса фильтрования зернистых фильтров.*

*The article summarizes the significant factors for calculation and optimization of the filtering process of granular filters.*

Свойства воды существенно влияют на ход технологических процессов ее очистки, в том числе и на процесс фильтрования. Вместе с тем свойства воды различных водоисточников в значительной степени отличаются друг от друга. Эти отличия приводят к тому, что одинаковые фильтровальные сооружения в одних случаях имеют скрытые резервы возможного увеличения их производительности, а в других - требуемая производительность их не может быть достигнута без нарушения стандарта качества питьевой воды.

Как было показано в предыдущем разделе расчет продолжительности защитного действия и времени достижения предельной потери напора может быть выполнен для любой зернистой фильтрующей загрузки при наличии данных о параметрах фильтрования, характеризующих фильтрационные свойства конкретной очищаемой суспензии, которые определяются с помощью технологического моделирования процесса очистки воды.

При изменении этих параметров в значительных пределах физическая сущность процесса очистки воды фильтрованием не меняется. Следовательно, для расчета загрузки фильтров параметры фильтрования, определенные для конкретных условий, могут быть пересчитаны для других условий протекания процесса - иного диаметра зерен фильтрующей среды и иной скорости фильтрования. В соответствии с зависимостью 1.4. формулы пересчета параметров "а" и "в" могут быть представлены в следующем виде:

$$a = a^* (v/v^*)(d^*/d); \quad (1)$$

$$b = b^* (v^*/v)^{0.7} (d^*/d)^{1.7}. \quad (2)$$

При проведении расчетов важно иметь значения параметра а/в, характеризующего скорость продвижения отложений в толще фильтрующей загрузки. Для пересчета получена зависимость:

$$a/b = (a/b)^*(v/v^*)^{1.7} (d/d^*)^{0.7}. \quad (3)$$

Для величины параметра А на основе экспериментальных данных получена зависимость:

$$1-A = (1-A^*)(v/v^*)^{0.5} (d/d^*)^{0.25}. \quad (4)$$

В формулу для расчета темпа прироста потери напора входит также гидравлический уклон, который при ламинарном движении жидкости в зернистом фильтрующем слое пропорционален скорости фильтрации и обратно пропорционален квадрату диаметра зерен загрузки:

$$i = i^* (v/v^*)(d^*/d)^2. \quad (5)$$

В формулах (1) - (5). звездочками помечены величины, относящиеся к модели фильтра, на которой проводилось технологическое моделирование процесса.

Позднее рядом исследователей были предложены уточненные показатели степени в вышеперечисленных формулах пересчета параметров фильтрования для конкретных зернистых фильтрующих материалов, образующих фильтрующую среду с несколько отличной от кварцевого песка структурой [1,2,3]. Так, Р.И. Аюкаев осуществил экспериментальную проверку этих показателей для фильтрующей среды из дробленого керамзита, имеющей по сравнению с загрузкой из кварцевого песка большую пористость и удельную поверхность. Однако, диапазон изменения этих показателей весьма ограничен. Кроме того, в результате истирания зерен дробленого керамзита при промывках фильтрующей загрузки со временем происходит уменьшение значений этих показателей и их приближение к значениям в формулах (1) – (3).

Расчет технологического процесса фильтрования основывается на данных, полученных при технологическом моделировании, и критерии оптимального режима работы фильтров. Критерием оптимального режима является соотношение между периодом защитного действия загрузки  $t_3$  и периодом работы фильтра до момента достижения предельной потери напора  $t_n$ . Значения  $t_3$  и  $t_n$  рассчитываются по формулам Д.М. Минца.

В зависимости от условий это соотношение может быть различным. Когда  $t_3 > t_n$ , фильтр выключают на промывку в связи с тем, что дальнейший прирост потери напора невозможен, так как достигнут предельный напор, обусловленный высотным расположением очистных сооружений, и

весь он расходуется на преодоление гидравлического сопротивления закольцованной фильтрующей среды. При этом задерживающая способность фильтрующей загрузки использована не полностью, так как фильтр выключается на промывку, хотя при наличии соответствующего напора перед ним он мог бы еще в течение определенного времени давать воду требуемого качества.

В случае если  $t_3 < t_H$ , фильтр необходимо выключать на промывку из-за ухудшения качества фильтрата, при этом потеря напора в загрузке еще не достигла своего предельного значения, а избыточный напор не используется рационально и теряется в задвижках и в отводящем фильтрат трубопроводе, и, следовательно, бесполезно расходуется энергия.

С технико-экономической точки зрения наилучшим соотношением является  $t_3 = t_H$ . В этом случае обеспечивается максимальная скорость фильтрации и соответственно производительность фильтров.

На рис. 1. приведены графики влияния параметров фильтрующей загрузки на  $t_3$  и  $t_H$ . При определенном значении оцениваемого параметра кривые  $t_3$  и  $t_H$  пересекаются. Точка пересечения соответствует оптимальному с экономической точки зрения режиму работы фильтров.

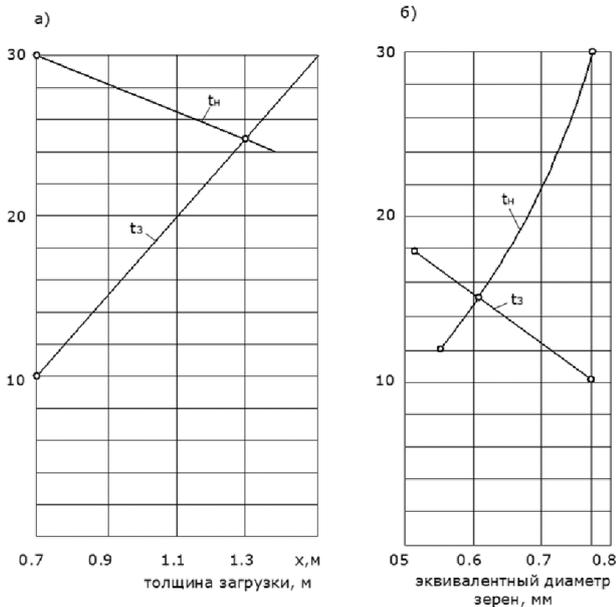


Рис. 1. - Влияние толщины слоя (а) и крупности зерен загрузки (б) на  $t_3$  и  $t_H$

С увеличением высоты слоя фильтрующей загрузки (рис.2) увеличивается, а  $t_H$  уменьшается. Если фильтр выключается на промывку из-за ухудшения качества фильтрата, то увеличение толщины слоя загрузки может улучшить работу фильтра и увеличить продолжительность фильтрационного цикла между промывками.

Этот же эффект может быть достигнут - уменьшением крупности зерен загрузки (рис.2). И, наоборот, если фильтр выключается на промывку из-за предельной потери напора, то уменьшение высоты слоя загрузки или укрупнение зерен загрузки позволяет ввести фильтр в оптимальный режим и тоже увеличить продолжительность фильтрационного цикла. Естественно, что такой же эффект достигается и при одновременном увеличении толщины слоя и увеличении крупности зерен загрузки (рис.2).

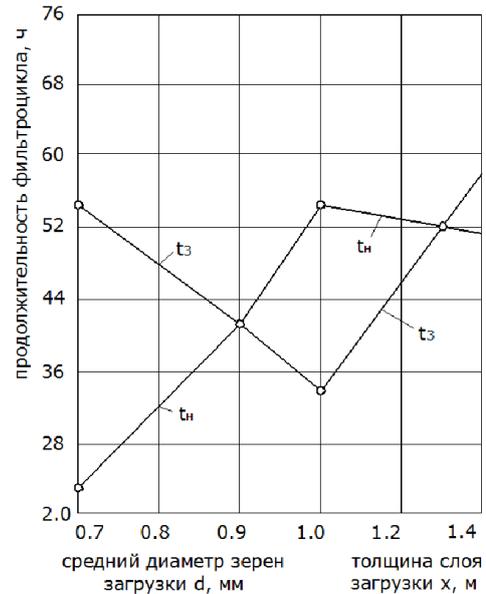
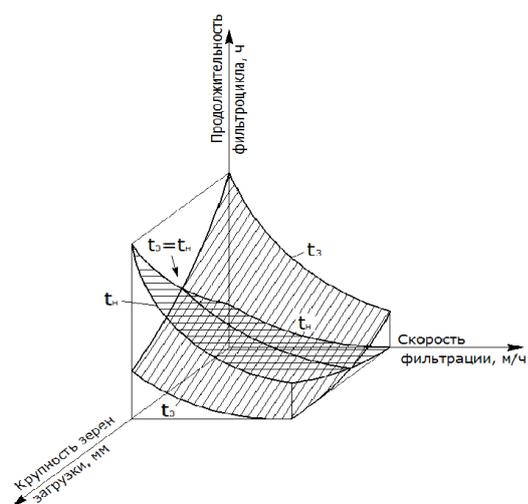


Рис. 2. - Оптимизация фильтрующей загрузки при одновременном изменении толщины слоя и крупности зерен загрузки.

Однако изменение высоты слоя загрузки возможно только на стадии проектирования. При реконструкции фильтров (что особенно важно в практических условиях) можно варьировать крупностью зерен загрузки, различными фильтрующими материалами и использовать принцип фильтрования в направлении уменьшающейся крупности зерен загрузки. Последнее достигается использованием двух- и многослойных загрузок в скорых фильтрах или при фильтровании в восходящем потоке воды, как это имеет место в контактных осветлителях.

На рис.3 представлен объемный график влияния крупности зерен фильтрующей среды и скорости фильтрации на продолжительность фильтрования, определяемую временем защитного действия и временем достижения предельной потери напора. Данный график наглядно демонстрирует общий характер изменения оптимальных параметров от условий фильтрования.



**Рис. 3.** - Оптимизация процесса фильтрования при постоянной высоте слоя и концентрации взвеси в очищаемой воде.

### Литература

1. Аюкаев Р.И., Мельцер В.З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды. Справочное пособие. - Л., Стройиздат, 1985. (авторские 60 стр.).
2. Журба М.Г. Очистка воды на зернистых фильтрах. Львов. Вища школа, 1980.
3. Фоминых А.М. Использование горелых пород для загрузок фильтровальных сооружений. Научные труды АКХ, Вып.98, - М.: 1973.

**Рецензент: к.т.н., доцент Абдылдабеков К.Т.**