

Сорокин Б.С.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

МЕТОДИКА ФИЛЬТРАЦИОННОГО РАСЧЕТА ЛИНЕЙНЫХ ИГЛОФИЛЬТРОВЫХ УСТАНОВОК

Водопонижение широко используется в транспортном, промышленном, коммунальном, мелиоративном, гидротехническом, шахтном и других отраслях строительства. В частности, оно применяется при сооружении метрополитенов, коммунальных коллекторов, прокладке траншей и коммуникаций, строительстве дамб, водозаборных колодцев, дренажа и др. [1-8].

Сегодня проблема ремонта и восстановления сетей канализации, расположенных в водонасыщенных грунтах, становится особенно актуальной в связи с возрастанием требований к охране окружающей среды. Разрушения на канализационных трубопроводах, как правило, обуславливают проникновение сточных вод в грунтовые воды и почву. В подобных ситуациях аварии необходимо ликвидировать в кратчайшие сроки. А это всегда зависит от того, как быстро и эффективно производится водопонижение и ведутся ремонтно-восстановительные работы [2, 9].

Одним из способов, широко используемых при выполнении работ на линейно-протяженных объектах, как при строительстве новых, так и при ремонте существующих сетей водоснабжения и водоотведения, является водопонижение с использованием линейных иглофильтровых установок типа ЛИУ-5 [1-4].

Актуальным является разработка методики фильтрационного расчета установки ЛИУ-5 при замене трубопроводов.

В качестве примера рассмотрены характеристики водонасыщенных грунтов ($k_{\phi}=1,0$ м/сутки) с наличием слоя суглинистых грунтов, подстилающих грунтов на глубине 10-12 м и отсутствия вблизи участка замены трубопровода канализации других инженерных сетей и сооружений. Разработку траншеи предусматривается выполнять с откосами под защитой линейных иглофильтровых установок типа ЛИУ-5.

В связи с высоким уровнем грунтовых вод (1,0 м от существующей поверхности земли) и необходимостью его снижения на высоту $S_{г} \geq 4,5$ м (с учетом снижения уровня грунтовых вод ниже дна траншеи минимум на 0,5 м), осушение траншеи предусматривается выполнять двумя ярусами с размещением установок с обеих сторон траншеи.

Фильтрационный расчет иглофильтровых установок предусматривается выполнять в соответствии с формулами, приведенными в работах [3, 4].

Исходные данные для расчета: ширина ограждаемой траншеи 1 яруса – $L=14,0$ м; высота непониженного уровня грунтовых вод – $H=10,0$ м (рис. 1).

В связи с тем, что фильтровое звено иглофильтра заглубляется в мелкозернистые пески, для предупреждения выноса частиц грунта при откачке воды и с целью увеличения водопрпускной способности фильтра иглофильтры предполагается погружать с устройством обсыпки песчано-гравийной смесью до статического уровня грунтовых вод, при этом радиус фильтра равен $r_c = \frac{0,15 \text{ м}}{2} = 0,075 \text{ м}$.

Величина снижения воды в иглофильтре для установок 1 яруса с учетом неизбежных потерь на преодоление сопротивлений определяется по формуле

$$S_c = 6,5 - \Delta h - \frac{0,4Q_c^1}{nk} - \frac{5,1Q_c^2}{10^7},$$

где $\Delta h = 1,5$ м (превышение оси насоса над статическим уровнем грунтовых вод); n – число иглофильтров, обслуживаемых одной установкой ($n = 62$ шт.); Q_c^1 – дебит одного иглофильтра, определяемый по формуле $Q_c^1 = 120\pi \cdot r_c \cdot l \sqrt[3]{k} = 120 \cdot 3,14 \cdot 0,075 \cdot 0,075 \cdot 1,0 \sqrt[3]{1,0} = 28,4$ м³/сутки (l – длина фильтра, 1 м).

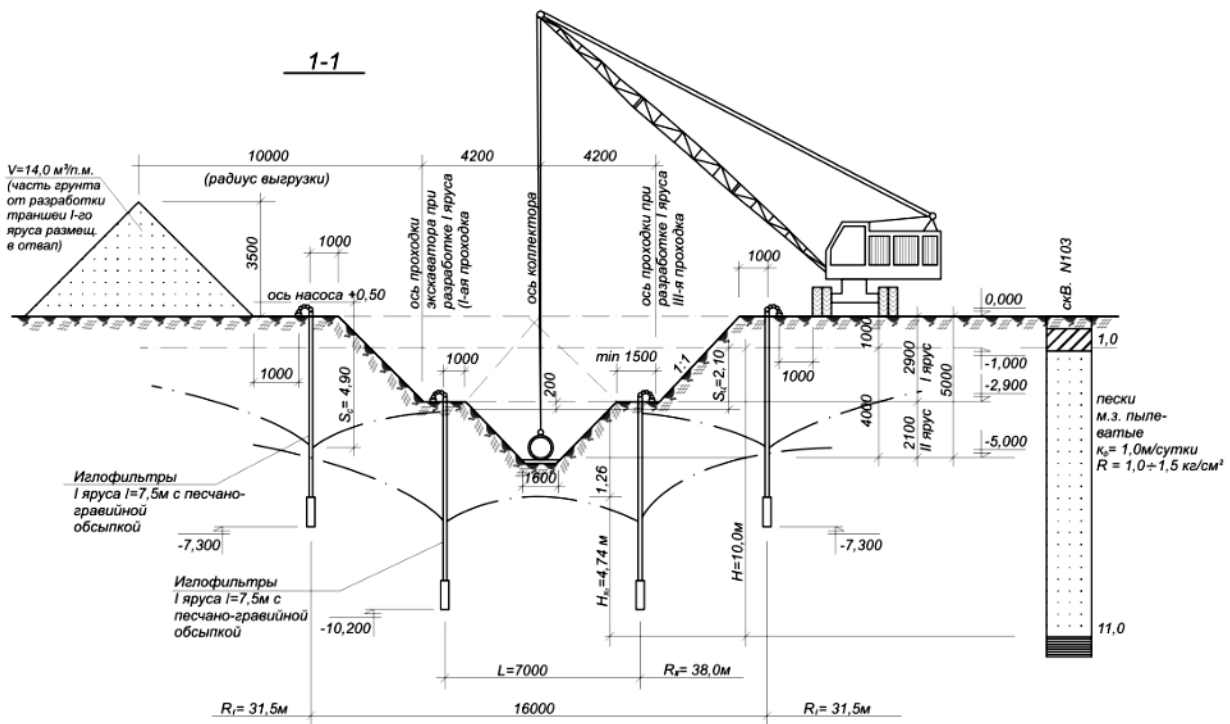


Рис. 1 – Схема размещения иглофильтровых установок

Отсюда,

$$S_c = 6,5 - 1,5 \frac{0,4 \cdot 28,4}{62 \cdot 1,0} - \frac{5,1 \cdot 28,4^2}{10^7} = 4,9 \text{ м.}$$

Приток воды к каждому иглофильтру двухрядных установок, работающих в безнапорных условиях, несовершенного типа определяется по формуле

$$Q'_{\text{нес}} = \frac{l}{H} \left\{ 1 - 7 \left[2,3 \lg \left(\frac{l}{H} \right) \sqrt{\frac{r}{H}} \right] \right\} \frac{\pi k (H^2 - H_0^2)}{A - B + \frac{\pi(L+R)}{2\sigma} + \frac{\pi(L+R)L}{2\sigma(L+2R)}}$$

где l – глубина погружения фильтра под непониженный уровень безнапорного водоносного горизонта (при длине иглофильтра $l = 10,0 \text{ м} - 4,9 \text{ м} = 5,1 \text{ м}$).

Радиус дисперсии определен по формуле $R = 2S_c \sqrt{Hk} = 2 \cdot 4,9 \sqrt{10 \cdot 1,0} = 31,5 \text{ м}$. H_0 – величина столба воды у ряда фильтров при откачке воды ($H_0 = 5,1 \text{ м}$); 2σ – принят равным $0,75 \text{ м}$ (из условия величины коэффициента фильтрации – при $k_f \leq 3 \text{ м/сутки}$ – 2σ принимается равным $0,75 \text{ м}$);

$$A = 2,3 \cdot \lg \frac{\sigma}{\pi r_c} + \frac{\pi R(L+R)}{\sigma(L+2R)} = 171,5 \text{ м;}$$

$$B = \frac{\pi L}{\sigma} = 117,0, \text{ таким образом}$$

$$Q'_{\text{нес}} = \frac{5,1}{10,0} \left\{ 1 - 7 \left[2,3 \lg \left(\frac{5,1}{10,0} \right) \sqrt{\frac{0,075}{10,0}} \right] \right\} = \frac{3,14 \cdot 1,0 (10^2 - 5,1^2)}{171,5 - 117,0 + \frac{3,14(14 + 31,5)}{0,75} + \frac{3,14(14 + 31,5)14}{0,75(14 + 2 \cdot 31,5)}} = 0,59 \text{ м}^3/\text{сутки.}$$

Понижение в центре траншеи определяется по формуле

$$H_{X_0} = \sqrt{Q'_{\text{нес}} \left[\frac{1}{\pi k} \ln \left| 1 - e^{-\frac{\pi L}{2\sigma}} \right| - \frac{R}{2\sigma k} + \frac{1}{\pi k} \ln \left| 1 - e^{-\frac{\pi L}{2\sigma}} \right| \right] + H^2}$$

После подстановки данных, получаем $H_{X_0} = 7,1 \text{ м}$.

С учетом разрыва струи воды при входе в фильтр $\Delta h = 0,01\alpha \sqrt{\frac{QS}{kF}}$, где α – эмпирический коэффициент, зависящий от конструкции фильтра (для сетчатого и гравийного фильтра с учетом коэффициента $1,5$ на степень несовершенства $\alpha=30$); $F = 2\pi r l = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,075 \cdot 1,0 = 0,41 \text{ м}^2$ (площадь фильтра), отсюда

$$\Delta h = 0,01 \cdot 30 \sqrt{\frac{0,59 \cdot 4,9}{1,0 \cdot 0,41}} = 0,8 \text{ м.}$$

Таким образом, снижение уровня грунтовых вод в центре траншеи от рабо-

ты двухрядной иглофильтровой установки 1 яруса равна $S_{II} = H - H_{Xo} - \Delta h = 2,1$ м; то есть на отметке $-3,1$ м.

Иглофильтровые установки 2 яруса установок размещаем на $0,2$ м выше сниженного уровня грунтовых вод, то есть на отметке $-2,9$ м.

Учитывая, что иглофильтры 2 яруса достигают подошвы водоносных грунтов и при работе установок 2 яруса иглофильтровые установки 1 яруса теряют способность к захвату воды, приток воды к каждой скважине 2 яруса определяется по формуле для случая совершенных скважин в безнапорных условиях с учетом полной величины снижения статического уровня грунтовых вод.

Таким образом, S_{II} принимается равным $6,0$ м.

Отсюда, $R = 2S \sqrt{Hk} = 2 \cdot 6,0 \sqrt{10 \cdot 1} = 38$ м; $L = 7,0$ м (согласно разреза) и приток воды к скважине:

$$Q' = \frac{\pi k (H^2 - H_o^2)}{A - B + \frac{\pi(L+R)}{2\sigma} + \frac{\pi(L+R)L}{2\sigma(L+2R)}} = 0,82 \text{ м}^3/\text{сутки}.$$

Снижение уровня грунтовых вод в центре траншеи равно $H_{Xo} = 4,05$ м.

$$\Delta h = 0,01 \cdot 20 \sqrt{\frac{0,82 \cdot 6,0}{1,0 \cdot 0,41}} = 0,69 \text{ м}.$$

Таким образом, общее снижение уровня грунтовых вод в центре траншеи равно $S_{II} = 10,0 - 4,05 - 0,69 = 5,26$ м, что на $1,26$ м ниже дна траншеи.

Исходя из характеристик и комплекта иглофильтровых установок типа ЛИУ-5 и учитывая опыт работы установок, принимается длина всасывающих коллекторов установок равной 90 м.

Для обеспечения поточного выполнения процессов работ по замене канализационного трубопровода необходимо количество иглофильтровых установок, последовательно перемещаемых вдоль фронта работ из расчета их установки на расстоянии между ними $1,5$ м.

Отвод откачиваемой воды осуществляется сбросным коллектором диаметром 200 мм либо в существующую сеть лив-

невой канализации, либо за территорию участка работ.

Всасывающий коллектор из стальных труб диаметром 150 мм необходимо укладывать на подкладках с уклоном $0,002-0,005$ от насоса.

Иглофильтры предусматривается погружать в предварительно погруженные гидравлическим способом обсадные трубы диаметром 150 мм. Кольцевое пространство между трубой и иглофильтром необходимо постепенно заполнить обсыпкой, а затем обсадную трубу извлечь.

К вскрышным работам следует приступать после выполнения предварительной откачки воды установками в течение $4-5$ суток.

Исходя из методов выполнения водопонизительных работ, разработка траншеи для извлечения поврежденного и укладки нового трубопровода также ведется двумя ярусами. Первый ярус – до отметки $2,9$ м, что на $0,2$ м выше сниженного уровня грунтовых вод. Ширина траншеи по низу – $9,0$ м – принята с учетом геометрических размеров второго яруса траншеи и габаритов иглофильтровых установок второго яруса; разрабатываемый грунт частично отсыпается в отвал ($14 \text{ м}^3/\text{п.м}$), а остальная часть автосамосвалами вывозится для засыпки вновь уложенного трубопровода. Второй ярус – разработка траншеи до проектных отметок с вывозом грунта автосамосвалами. Ширина траншеи по низу – $1,6$ м – принята исходя из диаметра укладываемого трубопровода (в данном случае – трубы диаметром 500 мм).

Исходя из несущей способности грунтов – расчетное сопротивление мелкозернистых пылеватых водонасыщенных песков находится в пределах $1,0-1,5 \text{ кг/см}^2$, – трубы принято укладывать на искусственное бетонное основание по серии ИС-01-21.

Подача бетона к месту укладки осуществляется в бадьях емкостью $0,38 \text{ м}^3$ краном К-161 с длиной стрелы $15,0$ м.

Обратная засыпка траншеи выполняется после проверки правильности монтажа трубопровода. При этом, засыпку

пазух траншеи до отметок на 0,25 м выше трубы выполнять вручную, послойно, одновременно с обеих сторон траншеи, дальнейшую засыпку траншеи выполнять бульдозерами в два этапа: 1 этап до отметки – 2,9 м; 2 этап – засыпка до существующих отметок поверхности земли – выполнять после демонтажа иглофильтровых установок 2 яруса.

Работу по обратной засыпке необходимо выполнять при работающих иглофильтровых установках.

Приведенная методика фильтрационного расчета установки ЛИУ-5 может быть использована при выборе способов водопонижения как при строительстве новых, так и при замене поврежденных подземных коммуникаций.

Ее использование может дать положительный результат при сравнении различных вариантов водопонижения, в том числе легких иглофильтровых установок и установок вакуумного водопонижения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Болотских Н.С. Строительное водопонижение в сложных гидрогеологических условиях / Н.С. Болотских. – Киев: Будівельник, 1976. – 112 с.

2. Болотских Н.С. Борьба с подземными водами / Н.С. Болотских, Д.С. Слободкин. – Киев: Техника, 1982. – 158 с.
3. Станиченко И.К. Водопонижение в строительстве / И.К. Станиченко. – М.: Стройиздат, 1971. – 235 с.
4. Скабалланович, И.А. Гидрогеологические расчеты по динамике подземных вод: учеб. пособие для горных вузов и фак. / И.А. Скабалланович. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Госгортехиздат, 1960. – 407 с.
5. Jacobs S., Tentschert E. Stollen im Bergwasser – Prognose, Prophezeiung und Realität der Auswirkungen // Felsbau, 1994. – Vol. 6. – P. 466-473.
6. Herth W., Arndts E. Theorie und Praxis der Grundwasserhaltung: 3rd Edition. – Berlin: Ernst & Sohn, 1994. – 435 p.
7. Rappert C. Grundwasserströmung: Grandbau-Taschenbuch. – Berlin: Ernst & Sohn, 1996. – 456 p.
8. Beyer W. Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kiesen und Sanden aus der Kornverteilungskurve // Wasserwirtschaft – Wassertechnik, 1964. – Vol. 6. – PP. 34-41.
9. Гончаренко Д.Ф. Ремонтно-восстановительные работы на канализационных сетях в водонасыщенных грунтах / Д.Ф. Гончаренко, Е.Б. Клейн, И.В. Коринько. – Харьков: Прапор, 1999. – 160 с.

УДК 628.16

Сухоруков Г.И., Филатов С.В., Сухоруков Д.Г., Серобян А.С.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ОСВЕТЛЯЕМОЙ ВОДЕ ПО ВЫСОТЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОТСТОЙНИКА

Постановка проблемы. Вследствие сложности процесса коагуляции и непрерывности изменения свойств взвешенных веществ хлопьевидной структуры связать теоретически основные факторы осаждения и коагуляции в одном математическом уравнении в настоящее время не представляется возможным [1-4]. Поэтому определение зависимости содержания взвешенных веществ в осветляемой воде по высоте зоны осаждения от мутности исходной воды, ее температуры и скоро-

сти восходящего потока выполняется экспериментальным путем [5,6].

Цель работы. Определение изменения мутности воды по высоте вертикального отстойника, что даст возможность в дальнейшем определить зону установки фильтрующего элемента для интенсификации работы отстойника.

Методика проведения исследований. Информация, необходимая для составления функциональной зависимости, была получена с помощью математиче-