

3. Т и т о в А.С. Использование полиэтиленовой пленки для повышения фильтрационной устойчивости земляных плотин и дамб. — НТИ. Мелиорация и водное хозяйство. — Минск, 1974, № 11, с. 21—23. 4. Л е о н о в и ч А.И. Экраны из полиэтиленовой пленки на прудах. — НТИ "Мелиорация и водное хозяйство". Минск, 1975, № 6, с. 7—9. 5. А. с. № 400661 (СССР). Способ создания экрана для предотвращения утечки / Б о г о м о л о в Г.В., К о л п а ш н и к о в Г.Н., М а р к е в и ч С.В. — Оpubл. в Б. И., 1973, № 40, с. 82. 6. Р ж а н и ц ы н Б.А. Закрепление грунтов химическим способом. — Л., 1934. — 104 с. 7. Ж м а к о Н.М., Д р о з д П.А., И о с е л е в а М.А. Закрепление песков химическими методами. — Сб. науч. работ БПИ. Минск, 1956, вып. 54, с. 51—56. 8. Инструкция по силикатизации грунтов. — М., 1960. — 52 с. 9. А. с. № 246392 (СССР). Состав для закрепления грунтов / Б о ж е л о в П.И. — Оpubл. в Б. И., 1969, № 20, с. 168. 10. А. с. № 220893. Способ уменьшения фильтрации / П а т э н П ь е р. М и н а с ь я н В а н к т е р. — Оpubл. в Б. И., 1968, № 22, с. 115.

УДК 624.152:626/627

Ф.ТРЕСА, канд.техн.наук
(Словацк. высш.техн.школа, ЧССР,
Братислава), Н.Н.БАРАНОВ,
канд. техн. наук (БПИ)

УСТРОЙСТВО ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ ОБОЛОЧЕК МЕТОДАМИ "СТЕНА В ГРУНТЕ" И ИНЪЕКТИРОВАНИЯ ГРУНТОВ

Противофильтрационные подземные стены устраиваются из глины, глинобетона или бетона. Для этого вначале в грунте разрабатывается узкая глубокая траншея, стенки которой удерживаются от обрушения благодаря заполнению ее глинистой (бентонитовой) суспензией. После разработки траншеи до проектной отметки производится ее заполнение водонепроницаемым материалом, который одновременно вытесняет суспензию. В последнее время для этой цели используется самотвердеющая суспензия. Она готовится из воды, бентонита, цемента и особых химических добавок. Во время разработки траншеи самотвердеющая суспензия, как и обычная глинистая, удерживает стенки от обрушения. Затем суспензия затвердевает в траншее, образуя водонепроницаемую стенку. Время начала схватывания самотвердеющей суспензии регулируется введением в состав химических добавок. В затвердевшей суспензии вода адсорбируется на поверхности твердых частиц. Плотность ее составляет около $0,5 \text{ т/м}^3$, сопротивление одноосному сжатию — от 0,4 до 1,0 МПа, коэффициент фильтрации 10^{-5} – 10^{-6} см/с. Применение самотвердеющей суспензии значительно упростило устройство противофильтрационных подземных стен.

Устройство для инъектирования грунтов через манжетные трубки с обтюраторами включает инъекционные трубки диаметром 50–60 мм из металла или пластмассы [1, 2]. Из таких трубок с отверстиями диаметром 6–8 мм через каждые 0,33–0,5 м по длине составляется цельная колонна. Снаружи отверстия перекрываются манжетами-отрезками резиновой трубки длиной по 100 мм, которые выполняют роль выпускных клапанов для раствора. Чтобы не допускать смещения резиновых манжет, их края прикрепляются к колонне. Для инъектирования грунта пробуренная скважина предварительно прочищается и заполняется глинисто-цементным раствором. Затем в нее устанавли-

вается колонна труб с манжетами. После схватывания раствора манжетная трубка по всей длине оказывается заключенной в обойму, хорошо сцепляющую грунт с колонной. Внутри колонны вставляется обтюратор, представляющий металлическую трубку диаметром 25–30 мм с закрытым нижним концом и кожаными сальниками, между которыми расположены отверстия для выхода инъецируемой смеси. Выходящий под давлением из обтюлятора раствор отгибает резиновую манжету, разрушает цементно-глинистую корку и заполняет поровое пространство грунта. Этот способ исключает проникновение раствора по контакту труба–обойма, а также выше или ниже данного уровня инъецирования. Каждый уровень можно повторно инъецировать любое количество раз с нагнетанием различных смесей (например, вначале глинистых, а затем – химических).

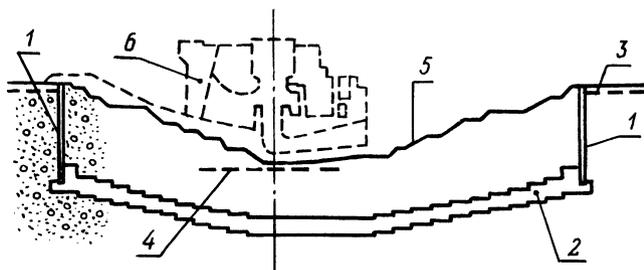


Рис. 1. Поперечное сечение котлована: 1 – вертикальные стенки из самотвердеющей суспензии; 2 – горизонтальное днище в виде заинъецированного слоя грунта; 3, 4 – уровни грунтовой воды соответственно до и после понижения; 5 – контур котлована; 6 – здание ГЭС.

В 1979–1982 гг. защита котлована здания ГЭС в виде сплошной водонепроницаемой подземной оболочки выполнялась на строящемся гидроузле "Габчиково" на Дунае (ЧССР) [3], что потребовало устройства двух самостоятельных элементов – подземных стен из самотвердеющей суспензии и заинъецированного горизонтального слоя гравия ниже уровня дна (рис. 1). Семиметровая толща инъецируемого дна назначена исходя из величины гидравлического градиента $I = 5$. Инъецирование выполнялось через колонну труб, причем по длине на каждом метре располагалось три ряда отверстий диаметром 8 мм с манжетами. Количество инъецируемой смеси в 1 м^3 основания было принято исходя из 30 %-ной пористости грунта. При этом $2/3$ объема пор заполнялось глиноцементной смесью и $1/3$ – химической на базе жидкого стекла. Скважины в плане располагались с шагом 7 м. Интенсивность насыщения грунта смесью составляла 7–10 л/мин при давлении, в 4 раза превышающем природное (бытовое) на данной глубине. Коэффициент фильтрации заинъецированного днища, по данным лабораторных определений, составил $k_{\text{ф}} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ см/с}$.

Вертикальные непроницаемые стенки толщиной $t_{\text{СТ}} = 0,6 \text{ м}$ выполнены из самотвердеющей суспензии. Контрольные испытания ее образцов после затвердения имели $k_{\text{ф}} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ см/с}$ и сопротивление одноосному сжатию 0,2–0,4 МПа.

Приближенный расчет такой водонепроницаемой подземной оболочки включает оценку устойчивости котлована (первая группа предельных состояний). Кроме того, определяется количество просачивающейся воды через 1 пог. м длины стенки в процессе и после окончания понижения уровня по формуле Дюпюи (рис. 2, а):

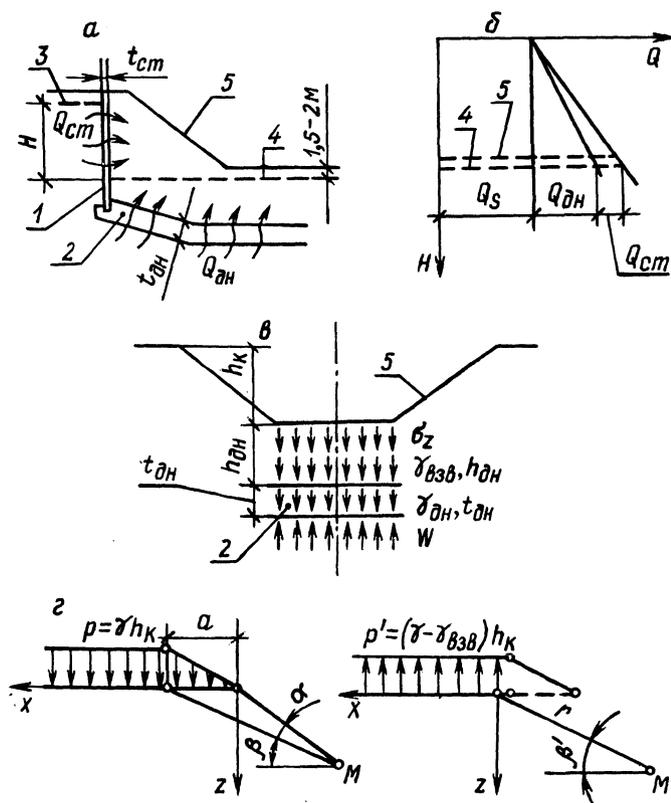


Рис. 2. Схемы к расчету (обозначения см. на рис. 1): а – притока воды; б – откачивания воды из котлована; в – общей устойчивости; г – величины G_z .

$$q_{ст} = k_{ф}^{ст} \frac{H^2 - H_1^2}{2t_{ст}}, \quad (0 \leq H_1 \leq H).$$

Количество профильтровавшейся воды через стенки:

$$Q_{ст} = q_{ст} L_{ст} \quad (L_{ст} - \text{длина стенки});$$

$$\text{через дно: } Q_{дн} = k_{ф}^{дн} F_{дн} I \quad (F_{дн} - \text{площадь дна}).$$

Количество воды до начала откачки Q_3 будет равным суммарному объему активных пор грунта, отделяемого противofильтрационной оболочкой.

При этом следует различать две стадии водопонижения:

- откачка заключенной в порах воды Q_s и профильтровавшейся через стенки и дно оболочки $Q_{ст}$ и $Q_{дн}$ (первая стадия);
- поддержание уровня подземных вод на 1,5–2 м и ниже отметки дна в процессе работ по устройству сооружения в котловане (вторая стадия).

Суммарное количество воды, откачиваемой на каждой из стадий, определяется по формулам $Q^I = Q_s + Q_{ст} + Q_{дн}$ и $Q^{II} = Q_{ст} + Q_{дн}$.

Для подбора потребного насосного оборудования на основе заданной скорости понижения уровня грунтовых вод (обычно $v = 0,5–1$ м/сут) исходя из величины Q^I строится график откачки воды (рис. 2, б).

Расчеты по первой группе выполняются для схем устойчивости основания котлована в целом, а также устойчивости откосов. На участке длиной $l = 1$ пог. м при ширине котлована по низу b определяется соотношение вертикальных напряжений на подошве заинъектированной оболочки (рис. 2, в):

$$k_{уст} = \frac{\sigma_z + \gamma_{взв} h_{дн} + \gamma_{дн} t_{дн}}{\gamma_w H} \geq k_{уст}^{доп}.$$

Вертикальная составляющая напряжения σ_z определяется по схеме, показанной на рис. 2, г, и формуле $\sigma_z = \sigma_{z1} - \sigma_{z2}$,

где σ_{z1} – составляющая от комбинированной треугольной и полубесконечной нагрузки $\sigma_{z1} = \frac{p}{\pi a} (\alpha\beta + \chi\alpha)$.

Здесь σ_{z2} – составляющая от полубесконечной нагрузки p' , получаемая по формуле [4]:

$$\sigma_{z2} = \frac{p''}{\pi} \left(\beta' + \chi \frac{z}{r^2} \right).$$

Устойчивость откосов оценивается по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения. Кроме того, в данном случае необходимо учитывать возможность образования плоской вертикальной поверхности скольжения по контакту подземная стена–грунт вследствие различия их механических характеристик. Поэтому расчет выполняется и для откосного клина по схеме плоских поверхностей скольжения на действие активного давления грунта и гидростатического давления. В каждом конкретном случае необходимо рассматривать схемы оценки устойчивости откосов с учетом инженерно-геологического строения грунтовой толщи и стадийности снижения уровня воды. Особое внимание должно быть уделено возможным деформационным перемещениям грунтовых масс в основании откосного клина.

ЛИТЕРАТУРА

1. Камбефур А. Инъекция грунтов. Принципы и методы.: Пер. с фр. – М., 1971, с. 130–137.
2. Баранов Н.Н. Инъектирование грунтов при глубоком фундаментостроении. – Строительство и архитектура Белоруссии, 1981, № 4, с. 36–37.
3. Гучек О. Подземные стены противofiltrационной оболочки котлована гидроузла Габчикова. Инж. сооружения, 1980, № 11 [На словацк. яз.].
4. Маслов И.И. Прикладная механика грунтов. – М., 1949, с. 114–118.