

ВЫБОР ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ОТ ДВИЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЗДАНИЯ НАРОДНОГО СУДА В ГОРОДЕ ЗАРИНСКЕ)

И.В. Носков

Причинами появления трещин в конструкциях здания Народного суда в г. Заринске явились динамические колебания, вызванные движением железнодорожного транспорта на узловой станции г. Заринска, расположенной в 175 метрах от сооружения.

Результаты выполненных натурных наблюдений показали, что влияние динамических колебаний от движущегося железнодорожного транспорта носят сезонный характер и зависят от колебания уровня грунтовых вод. При максимальном уровне грунтовых вод (2-2,5 м от поверхности планировки, май-июнь) влияние динамических воздействий максимальное, при минимальном уровне грунтовых вод (3,5-4,0 м от поверхности планировки, февраль-март) влияние динамических воздействий на конструкции здания не зафиксировано. Для уменьшения (исключения) влияния динамических воздействий от движущегося транспорта на конструкции здания необходимо понизить уровень грунтовых вод на 1,5-2,0 м. под зданием.

Наиболее эффективным будет выполнение дренажной системы вокруг здания. Принятое решение поставило задачу выбора наиболее эффективной дренажной системы из существующих.

Кольцевой дренаж защищает отдельные здания или группы сооружений. Им обеспечивают защиту подвалов зданий, заложенных в водоносных песчаных грунтах при питании подземных вод "сверху" или "сбоку", закладывая его ниже пола подвала. Дренаж устраивают по всему контуру здания или в виде незамкнутого кольца, когда имеется ярко выраженный односторонний приток грунтовых вод. Обычно в однородных по водонепроницаемости грунтах используют горизонтальный трубчатый дренаж. Трассу прокладывают в зоне интенсивной инфильтрации осадков на расстоянии от здания в зависимости от способов производства работ, размещения смотровых колодцев дренажа и с учетом требований защиты фундамента от подмыва [1; 2].

На застроенных территориях приходится считаться с заглублением и конструкцией фундаментов близкорасположенных зданий. При этом также важны отметки пола подвалов существующих зданий и положение уровня грунтовых вод относительно этих подвалов. Поскольку в результате понижения УГВ под вновь возводимым зданием возможны негативные последствия, особенно для территорий, сложных в геотехническом отношении и плотно застроенных. В таких условиях негативные последствия могут проявляться даже в виде просадки грунтов оснований существующих зданий и инженерных сетей, поверхности и повреждения растительности, а также наблюдаться высыхание колодцев с грунтовыми водами и гниение деревянных свай, используемых в конструкциях зданий или инженерных сооружений.

Во всех случаях заглубления дренажных коллекторов ниже подошвы фундамента проектируемого или существующего близ расположенного здания проводят расчет безопасного расстояния от здания до оси дрены.

При открытом способе производства работ безопасное расстояние определяется углом внутреннего трения грунта. Оно обеспечивается, когда стенки траншеи дренажа окажутся за границей возможной передачи давлений по оси здания. Для расчета используют формулу

$$l_{\min} = e + \frac{B}{2} + \frac{H - h}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (1)$$

где e - уширение фундамента, м;

B - ширина дренажной траншеи, м;

H - глубина заложения дрены, м;

h - глубина заложения фундамента, м;

α - угол внутреннего трения грунта, градусы.

Аналогично исчисляют расстояние дренажа от соседних сетей, ниже которых он уложен.

Если дренаж устраивают для особо заглубленных частей зданий, следует считаться с возможностью дополнительных осадков грунтов, возникающих под влиянием работы

ВЫБОР ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ОТ ДВИЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЗДАНИЯ НАРОДНОГО СУДА В ГОРОДЕ ЗАРИНСКЕ)

дрен, расположенных ниже подошвы фундамента. Одна из причин таких осадок - суффозия грунтов, которая легко устраняется подбором рациональной конструкции фильтрующих обойм дренажа. Другая причина дополнительных осадок, возникающих при работе дренажа, - перераспределение давления в скелете грунта в результате понижения уровня грунтовых вод.

Для сравнительно небольших величин понижения уровня грунтовых вод, создаваемого контурными горизонтальными дренажами, учет дополнительных осадок, как правило, не имеет существенного значения. Исключение составляют слабые грунты в основании подземных частей зданий. В таких грунтовых условиях необходимо проверить расчетом величину дополнительной осадки осушенного слоя грунта [3-6].

Рациональное решение по выбору дренажа для таких сильно заглубленных частей зданий, особенно на плотно застроенных площадках, может потребовать заглубления дренажа меньше, чем это диктует норма осушения. Тогда ниже уложенных дренажных труб защиту подземной части здания должна обеспечить соответствующая гидроизоляция.

Для зданий с обычными подвалами рациональное решение по выбору дренажей предусматривает снижение УГВ до проектной нормы осушения. Здесь эту задачу можно решить с помощью контурного дренажа. Если требуемый эффект не достигается, тогда под подвалом здания устраивают еще и пластовый дренаж. При этом учитывают, что в контурных дренажах совершенного типа пониженный уровень грунтовых вод в центре контура устанавливается на уровне воды в дренажах. Поэтому заглубление дренажа складывается из величины заглубления пола подвала и нормы осушения.

В контурных дренажах несовершенного типа сниженный уровень подземных вод устанавливается выше уровня воды в дренажных трубах, т.е. депрессионная кривая имеет выпор. Поэтому для таких систем дренажи закладывают несколько ниже, чем это требуется по норме осушения, и подтверждают расчетом эффективность их работы. Для этого определяют величину выпора пониженного уровня подземных вод в центре контура дренажа. Когда из-за выпора депрессионной кривой под подвалом здания норма осушения не выдерживается, рассматривают следующие варианты решения.

Первый - увеличить заглубление дренажных труб. Целесообразность использова-

ния этого варианта зависит от условий производства работ, присоединения дренажных выпусков к ливневой канализации и наличия близрасположенной существующей застройки.

Второй вариант проектного решения предусматривает сохранение первоначального заглубления контурного дренажа и устройство дополнительно к нему пластового под полом подвала защищаемого здания. Пластовый дренаж в этом случае "срезает" выпор депрессионной кривой внутри контура дренажа, т.е. уплачивает ее и обеспечивает тем самым требуемую норму осушения.

Пристенный (прифундаментный) дренаж защищает подвалы зданий, заложенных в грунтах глинистых и водоносных слоистого строения при близком залегании водоупора, когда пол подвала расположен над слоем супеси или песка мощностью менее 0,5 м. Дренаж прокладывают по контуру зданий с наружной стороны, ниже пола подвала, обычно на отметке подошвы фундамента или выше (рисунки 1, 2, 3).

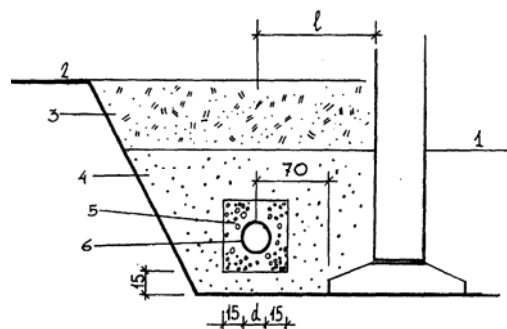


Рис. 1. Схема конструкции прифундаментного дренажа: 1 - отметка пола подвала; 2 - поверхность земли; 3 - обратная засыпка; 4 - песок крупнозернистый; 5 - гравий крупностью 3-10 мм; 6 - труба; l - расстояние от здания (размеры даны в см)

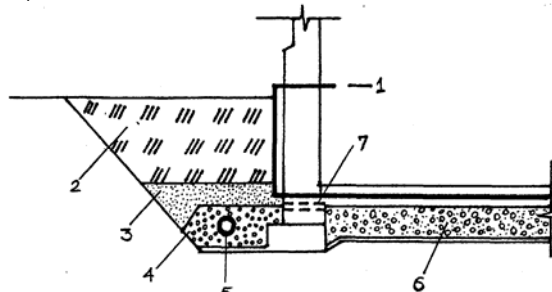


Рис. 2. Схема конструкции пластового лощадного дренажа: 1 - гидроизоляция; 2 - местный грунт; 3 - крупнозернистый песок; 4 - гравий или щебень; 5 - труба; 6 - пластовый дренаж; 7 - перепускная труба, наполненная щебнем (гравием)

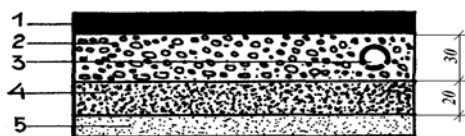


Рис. 3. Схема конструкции прифундаментного дренажа с печанно-гравийном фильтром: 1 — пол подвала; 2 — гравий или щебень; 3 — труба поперечной дрены; 4 — крупнозернистый песок; 5 — местный грунт

При значительном заглублении фундаментов относительно отметки пола подвального помещения пристенный дренаж может оказаться выше подошвы самого фундамента, тогда принимают меры против просадки дренажа. Расстояние от здания принимают 1-2 м в зависимости от ширины фундамента и размещения смотровых колодцев. Дренаж проектируют совершенного и несовершенного типа, и его конструкция способна перехватить любые воды, притекающие "сбоку" и отвести их за пределы сооружения. Это особенно важно, когда подземные воды обладают агрессивными свойствами или же имеются близкорасположенные к защищаемому зданию канализационные и водопроводные сети [6, 7].

Пристенные дренажи часто устраивают с профилактической целью, т.е. при отсутствии подземных вод. Их проектируют для подвалов зданий и других подземных сооружений, заложенных в глинистых грунтах, обладающих выраженными капиллярными свойствами в сочетании с другими местными системами дренажа.

Конструкции пристенного дренажа выполняют в традиционном решении с фильтрующими песчано-гравийными обсыпками.

При трассировании дренажа, особенно несовершенного типа, целесообразно прокладывать дрены с минимальными уклонами, увязываясь с отметками заглубления водостока.

Для быстрого понижения уровня грунтовых вод в пределах некоторой площади здания с размерами по осям стен 36,0 м × 15,0 м устроим систему горизонтальных дрен в виде кольцевой дренажной системы (рисунки 4, 5). Они располагаются в плане в направлении гидроизогипс для перехвата грунтового потока. Необходимая глубина понижения грунтовых вод называется "нормой осушения".

При расчете системы горизонтальных дрен необходимо установить глубину заложения дрен, которая назначается такой, чтобы наивысшая точка кривой депрессии между

двумя дренами была ниже так называемой нормы осушения; при этом глубина заложения дрен будет зависеть от рельефа местности, коэффициента фильтрации и расстояния между дренами. Расчетной величиной является приток к дренам и форма кривой депрессии.

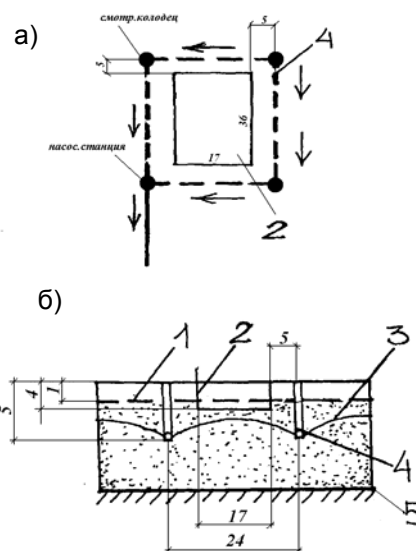


Рис. 4. Схема кольцевого дренажа: а — трасса; б — горизонтальный кольцевой несовершенный; 1 — бытовой УГВ; 2 — защищаемый объект; 3 — пониженный УГВ; 4 — дрена; 5 — водоупор

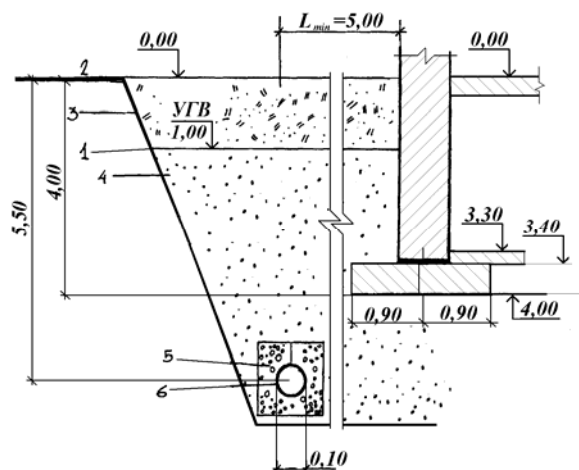


Рис. 5. Схема конструкции кольцевого дренажа: 1 — уровень грунтовых вод; 2 — поверхность земли; 3 — обратная засыпка; 4 — песок крупнозернистый; 5 — гравий крупностью 3-10 мм; 6 — труба; ℓ — расстояние от здания (размеры даны в см)

При расчете определим безопасное расстояние от здания управления судебного де-

ВЫБОР ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ОТ ДВИЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЗДАНИЯ НАРОДНОГО СУДА В ГОРОДЕ ЗАРИНСКЕ)

партамент при Верховном суде до оси дрена по формуле

$$l_{\min} = e + \frac{B}{2} + \frac{H_0 - h_{\phi}}{\operatorname{tg} \alpha} = 1,0 + \frac{1,0}{2} + \frac{5,0 - 4,0}{\operatorname{tg} 24^{\circ}} = 3,75 \quad (1)$$

где e - уширение фундамента, м (примем около 1 м, по исходным данным);

B - ширина дренажной траншеи, м (примем равной 1 м);

H_0 - глубина заложения дрены, м (примем 5 м по исходным данным);

h_{ϕ} - глубина заложения фундамента, м (примем 4 м по исходным данным);

α - угол внутреннего трения грунта, градусы (24°).

Формула расхода для дрен, уложенных в водоносном слое

$$q = \frac{2 \cdot k \cdot H^2 \cdot B}{s \left(0,68 + 1,27 \frac{k \cdot t \cdot H}{s^2 \cdot \beta} \right)^2}, \quad (2)$$

где k - коэффициент фильтрации, м/с, для песчаных грунтов с примесью глины $k=0,01-0,005$ см/с;

H - глубина заложения дрены, м (примем 5 м по исходным данным);

B - коэффициент, вычисляемый по формуле (3);

s - половина расстояния между дренами, м (примем 1 м по исходным данным);

t - время дренирования, с;

β - коэффициент в диапазоне $135 < \beta < 350$, в большинстве случаев принимается $\beta=330 \div 350$.

$$B = 1 + 5,5 \sqrt{\frac{H_1 - H}{H_1} \cdot \frac{r_0}{H} \cdot \frac{c}{H}}, \quad (3)$$

где H_1 - мощность всего водоносного слоя, м;

H - глубина заложения дрены, м;

r_0 - радиус дрены, м;

c - понижение уровня воды над контуром дрены, м.

В случае, когда мощность водоносного слоя значительно превышает глубину заложения дрен, формулу (3) можно переписать в следующем виде

$$B = 1 + 5,5 \sqrt{\frac{r_0 \cdot c}{H^2}}. \quad (4)$$

Расстояние между дренами

$$L = 2s = 2,25 \sqrt{\frac{k \cdot t \cdot H \cdot h \cdot \sqrt{B}}{\beta(H - 0,68h)}}, \quad (5)$$

где $h = H_0 - c$, H_0 - глубина заложения дрены от поверхности земли, м;

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 1-2 2007

c - норма осушения, м.

В качестве дрен используются пластмассовые или асбестоцементные трубы с уклоном $i=0,005$. В трубах сделаны отверстия диаметром 8 мм по три отверстия по окружности через 100 мм по длине трубы в шахматном порядке. С учетом параметров дрен принятой конструкции выполним расчет кольцевой дренажной системы с различными вариантами исходных данных.

Вариант 1.

Исходные данные:

$k = 0,0001$ м/с - коэффициент фильтрации, м/с;

$H = 5$ глубина заложения дрены, м (примем 5 м по исходным данным);

$t = 4$ суток - время дренирования, с;

$\beta = 350$ - коэффициент в диапазоне $135 < \beta < 350$;

$c = 0,5$ м - понижение уровня воды над контуром дрены;

$r_0 = 0,05$ м - радиус дрены, м.

Коэффициент B равен

$$B = 1 + 5,5 \sqrt{\frac{r_0 \cdot c}{H^2}} = 1 + 5,5 \sqrt{\frac{0,05 \cdot 0,5}{(5)^2}} = 1,52.$$

Расстояние между дренами:

$$s = \frac{2,25}{2} \cdot \sqrt{\frac{k \cdot t \cdot H \cdot h \cdot \sqrt{B}}{\beta(H - 0,68h)}} =$$

$$= \frac{2,25}{2} \cdot \sqrt{\frac{10^{-4} \cdot 4 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 5 \cdot 1,2 \cdot \sqrt{1,52}}{350(5 - 0,68 \cdot 1,2)}} = 7$$

$$L = 2s = 14 \text{ м.}$$

Рассчитаем удельный расход для дрен, уложенных в водоносном слое на глубину 5 м через 14 м

$$q = \frac{2 \cdot k \cdot H^2 \cdot B}{s \left(0,68 + 1,27 \frac{k \cdot t \cdot H}{s^2 \cdot \beta} \right)^2} =$$

$$= \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 5^2 \cdot 1,52}{7 \cdot \left(0,68 + 1,27 \frac{10^{-4} \cdot 4 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 5}{7^2 \cdot 350} \right)^2} = 11,2 \cdot 10^{-5}, \text{ м}^3/\text{с}.$$

Вывод: Данная величина недостаточна поскольку дрена должны быть расположены не менее чем 25 м друг от друга.

Вариант 2.

Увеличим глубину заложения до $H = 5,2$ м, а $h = 1,4$ м.

Тогда коэффициент В равен

$$B = 1 + 5,5 \sqrt{\frac{r_0 \cdot c}{H^2}} = 1 + 5,5 \sqrt{\frac{0,05 \cdot 0,5}{(5,2)^2}} = 1,62$$

Расстояние между дренами

$$s = \frac{2,25}{2} \cdot \sqrt{\frac{k \cdot t \cdot H \cdot h \cdot \sqrt{B}}{\beta(H - 0,68h)}} =$$

$$= \frac{2,25}{2} \cdot \sqrt{\frac{10^{-4} \cdot 4 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 5,2 \cdot 1,4 \cdot \sqrt{1,62}}{350(5,2 - 0,68 \cdot 1,4)}} = 8,6$$

$$L = 2s = 17,2 \text{ м.}$$

Вывод: Так как ширина здания по подошве фундамента составляет 17 м, а рассчитанное значение длины между дренами 17,2; то данный вариант мог бы быть рекомендован для пристенной дренажной системы, но в этом случае глубина заложения дренажа на 1,4 м ниже подошвы фундамента, что недопустимо из-за опасности обрушения здания. В этом случае можно рекомендовать поднять дренаж до отметки подошвы фундамента, при этом не будет выдержана норма осушения 0,5 м под уровнем пола подвала. Выпор кривой депрессии можно убрать с помощью пластового дренажа расположенного по периметру фундамента внутри здания. Но расположение дренажей внутри здания не приведет к снижению динамических воздействий на его конструкции.

Вариант 3.

Увеличим глубину залегания до $H = 5,5$ м, а $h = 1,7$ м

$$s = \frac{2,25}{2} \cdot \sqrt{\frac{k \cdot t \cdot H \cdot h \cdot \sqrt{B}}{\beta(H - 0,68h)}} =$$

$$= \frac{2,25}{2} \cdot \sqrt{\frac{10^{-4} \cdot 4 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 5,5 \cdot 1,7 \cdot \sqrt{1,79}}{350 \cdot (5,5 - 0,68 \cdot 1,7)}} = 12$$

$$L = 2s = 24 \text{ м.}$$

Вывод: Данный вариант устраивает, потому что дрена от ближнего края фундамента находится на расстоянии 3,75 м, а при угле внутреннего трения грунта 24° , данная величина достигает 3,5 м, что тоже удовлетворяет исходным данным.

Определим для варианта 3 безопасное расстояние (в метрах) от здания Народного суда до оси дрена по формуле

$$l_{\min} = e + \frac{B}{2} + \frac{H_\delta - h_\phi}{\operatorname{tg} \alpha} = 1,0 + \frac{1,0}{2} + \frac{5,5 - 4,0}{\operatorname{tg} 24^\circ} \approx 5$$

Определим для варианта 3 удельный расход для дрена, уложенных в водоносном слое на глубину 5,5 м через 24 м

$$q = \frac{2 \cdot k \cdot H^2 \cdot B}{s \left(0,68 + 1,27 \frac{k \cdot t \cdot H}{s^2 \cdot \beta} \right)^2} =$$

$$= \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 5,5^2 \cdot 1,79}{12 \cdot \left(0,68 + 1,27 \frac{10^{-4} \cdot 4 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 5,5}{12^2 \cdot 350} \right)^2} = 13,5 \cdot 10^{-5}$$

Тогда полный расход дренированной воды

$$Q = q \cdot L = 13,5 \cdot 10^{-5} \cdot 46 = 6,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Определим влияние на изменение расхода времени с начала откачки после дренирования для варианта 3, так как вышеприведенный расчет выполнен для $t = 4$ суток при той же длине между дренами.

1 сутки:

$$q = \frac{2 \cdot k \cdot H^2 \cdot B}{s \left(0,68 + 1,27 \frac{k \cdot t \cdot H}{s^2 \cdot \beta} \right)^2} =$$

$$= \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 5,5^2 \cdot 1,79}{12 \cdot \left(0,68 + 1,27 \frac{10^{-4} \cdot 1 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 5,5}{12^2 \cdot 350} \right)^2} = 13,25 \cdot 10^{-5}$$

$$Q = q \cdot L = 13,25 \cdot 10^{-5} \cdot 46 = 6,09 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

2 сутки:

$$q = \frac{2 \cdot k \cdot H^2 \cdot B}{s \left(0,68 + 1,27 \frac{k \cdot t \cdot H}{s^2 \cdot \beta} \right)^2} =$$

$$= \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 5,5^2 \cdot 1,79}{12 \cdot \left(0,68 + 1,27 \frac{10^{-4} \cdot 2 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 5,5}{12^2 \cdot 350} \right)^2} = 13,33 \cdot 10^{-5}$$

$$Q = q \cdot L = 13,33 \cdot 10^{-5} \cdot 46 = 6,12 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

ВЫБОР ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ОТ ДВИЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЗДАНИЯ НАРОДНОГО СУДА В ГОРОДЕ ЗАРИНСКЕ)

Таким образом, расход стабилизируется уже на 4 сутки.

Площадь 30-ти отверстий с диаметром 8 мм одного метра дрена

$$S = 0,25 \cdot \pi \cdot (0,008)^2 \cdot 30 = 1,51 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Тогда скорость воды на входе в отверстие

$$V_{\text{отв_вх}} = \frac{q}{S} = \frac{13,25 \cdot 10^{-5}}{1,51 \cdot 10^{-3}} = 8,77 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}.$$

Потери напора на входе в отверстие

$$h_{\text{вх}} = \zeta_{\text{вх}} \cdot \frac{V^2}{2g} = 0,5 \cdot \frac{(8,77 \cdot 10^{-2})^2}{2 \cdot 9,81} = 1,96 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

Таким образом, потери напора пренебрежимо малы.

Заключение

При заданных исходных данных: размеры здания 36 м × 17 м, глубина заложения фундамента 4 м, глубине залегания уровня грунтовых вод – 1 м, коэффициента фильтрации грунта (0,01 см/с) и угла внутреннего трения грунта 24° , была выбрана кольцевая контурная дренажная система как наиболее оптимальная для данного здания, уложенная

по периметру здания на расстоянии 5 м от стены с установкой на пересечении дренажных труб колодцев, предназначенных для ремонта и профилактики дренажной системы. В качестве дрен взяты пластмассовые трубы диаметром 100 мм с уклоном в диапазоне $i = 0,005-0,010$. В трубах сделаны отверстия диаметром 8 мм по три отверстия по окружности через 100 мм по длине трубы в шахматном порядке.

Необходимая глубина заложения дренажной системы в результате расчета равна 5,5 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по гидравлическим расчетам / Под ред. Кисилев П.Г. - М.: Высшая школа, 1964.
2. Клиорина Г.И., Осин В.А., Шумилов М.С. Инженерная подготовка городских территорий. - М.: Высшая школа, 1984.
3. СПиП 0.06.15-85. Инженерная защита территорий от затопления и подтопления. - М.: Госстрой СССР, 1988.
4. Абрамов С.К. Подземные дренажи в промышленном и городском строительстве. - М.: Стройиздат, 1973.
5. Моисеев В.Ю., Побегайло И.М. и др. Инженерная подготовка застраиваемых территорий. - Киев: Будивельник, 1974.
6. Дегтярев Б.М. Дренаж в промышленном и гражданском строительстве. - М.: Стройиздат, 1990.