

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ

Методические указания к практическим занятиям
для студентов специальности 1-70 02 01
«Промышленное и гражданское строительство»
ВОДОПОНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД

Могилев

Содержание

Введение	3
1 Общие методические указания	4
2 Общая часть	5
2.1 Задачи	5
2.2 Основные теоретические положения	5
2.3 Определение притока воды к установке	7
2.4 Определение длины коллектора, количества насосов и иглофильтров	8
3 Расчетная часть	10
Список литературы.....	13
Приложение А	14
Приложение Б	15
Приложение В.....	15

Введение

Дисциплина «Технология строительства в особых условиях» является прикладной научной дисциплиной, содержащей совокупность знаний в области техники, организации и экономики производственных процессов, осуществляемых на строительных площадках в особых условиях производства работ. Под особыми условиями понимают сложные гидрогеологические и климатические условия, производство работ в условиях реконструкции и технического перевооружения предприятий.

Целью преподавания дисциплины является получение студентами основополагающих знаний в области технологии строительства с учетом выполнения строительных работ и процессов в сложных условиях производства работ, приобретение навыков организационно-технологического проектирования с учетом дестабилизирующих факторов, характерных для этих условий.

1 Общие положения

Методические указания разработаны для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» дневной и заочной форм обучения, изучающих дисциплину «Технология строительства в особых условиях» на тему «Расчет и проектирование параметров системы водопонижения уровня грунтовых вод».

Целью проведения практических занятий является изучение технологических особенностей выбора комплекта механизмов для водопонижения уровня грунтовых вод с помощью легких иглофильтровых установок.

Задания на практические занятия выбираются для каждого студента индивидуально. Результаты изучения технологических особенностей ремонтно-восстановительных работ строительных конструкций (согласно выбранному заданию) оформляются в отчете для практических работ.

Изучение дисциплины должно выполняться на основе передовых методов труда, предусматривающих комплексную механизацию процессов производства работ с учетом дестабилизирующих факторов, повышение производительности труда, безопасные методы ведения работ.

Материал дисциплины базируется на знании технологии строительного производства, строительных материалов и архитектуры.

2 Общая часть

2.1 Задачи

Задачами данной работы являются определение параметров понижения уровня грунтовых вод и выбор комплекта оборудования водопонижительной установки при устройстве выемок, расположенных ниже уровня грунтовых вод.

Получив задание (приложение А), студент должен, учитывая сложные гидрологические условия производства земляных работ при устройстве выемки, определить приток воды к выемке, длину коллектора, количество насосов и иглофильтров и разработать схему расположения насосов и иглофильтров.

2.2 Основные теоретические положения

При устройстве выемок, расположенных ниже уровня грунтовых вод, необходимо осушать водонасыщенный грунт и обеспечивать его разработку в нормальных условиях, а также предотвращать попадание грунтовой воды в котлованы, ямы, траншеи в период производства работ.

В практике работ водопонижения применяются открытый водоотлив, легкие иглофильтровые установки, энжекторные иглофильтры, водопонижающие скважины, вакуумные установки, электроосмотическое водопонижение.

Открытый водоотлив — это самый простой и экономичный способ. Он применяется в различных грунтах, в частности в песках, галечнике, гравии. Открытый водоотлив часто применяют в сочетании с грунтовым водопонижением. При этом открытый водоотлив используют для удаления из котлована вод поверхностного стока, а установки глубинного водопонижения – для понижения уровня грунтовых вод (УГВ).

Грунтовая вода просачивается через дно и откосы выемок и поступает в специально выполненные водосборные каналы, а затем в приямки. Обычно канаву и приямок располагают у основания откоса. Откачка воды из приямков производится насосами. В насосной установке открытого водоотлива предусматривается устройство резервных насосов. Технические характеристики насосов приводятся в справочной литературе или могут быть выбраны из приложения Б.

В систему открытого водоотлива входят водосборная канава, приямок, насосы (рабочий и резервный), сбросной трубопровод. Несмотря на простоту и доступность способа, открытый водоотлив имеет ограниченное применение в связи с тем, что в выемке почти всегда присутствует вода, а это усложняет производство работ.

При значительном притоке грунтовых вод рекомендуется использовать *метод искусственного понижения с помощью иглофильтровых установок*. В практике искусственного водопонижения применяется понижение уровня грунтовых вод *легкими иглофильтровыми установками (ЛИУ), инжекторными иглофильтровыми установками (ЭИУ)*, с использованием *водопонижающих скважин*, а также *вакуумный и электроосмотический способы*.

Способ водопонижения и тип применяемого оборудования выбирают в зависимости от глубины разработки котлована (траншеи), инженерно-геологических и гидрогеологических условий площадки, сроков строительства, конструкции сооружения и технико-экономических показателей. Для такого выбора можно воспользоваться рекомендациями, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Выбор способов водопонижения

Характеристика грунта	Коэффициент фильтрации k , м/сут	Рекомендуемые способы водопонижения при глубине понижения уровня грунтовых вод, м		
		до 4 ... 5	до 18 ... 20	свыше 20
Глина	-	Электроосушение		
Суглинок	0,005 ... 0,4	Легкие одноярусные ЛИУ и инжекторные иглофильтры	Многоярусные ЛИУ и инжекторные иглофильтры	Буровые колодцы с артезианскими погружными насосами
Супеси	0,2... 0,7			
Песок: мелкозернистый	1,2 ... 2,0	Одноярусные ЛИУ	Многоярусные ЛИУ и инжекторные иглофильтры	
мелкий	2,0 ... 10,0			
средний	10,5 ... 25,0	Буровые скважины с центробежными насосами		
крупный гравелистый	25,0 ... 75,0 50 ... 100			
Гравий: с песком	75 ... 150	Поверхностный водоотлив	Буровые скважины с погружными насосами	
чистый	100 ... 200			

Водопонижение осуществляется по различным схемам расположения водопонизительных установок. Наиболее широкое применение получила контурная схема установки и легкие иглофильтровые установки.

Легкие иглофильтровые установки отличаются мобильностью установки и перестановки, быстротой погружения в грунт, надежностью в эксплуатации. Комплект ЛИУ состоит из иглофильтров, водосборного коллектора, рабочего и резервного насосов.

2.3 Определение притока воды к установке

Для легкой иглофильтровой установки при определении требуемого уровня понижения грунтовых вод S должно соблюдаться условие

$$h+l+0,5 \leq S \leq 1,5h \quad (1)$$

где h – заглубление котлована ниже уровня грунтовых вод, м;
 l – высота капиллярного поднятия грунтовых вод, м,

$$l = \frac{1}{\sqrt{K_{\phi}}}, \quad (2)$$

K_{ϕ} – коэффициент фильтрации грунта водоносного слоя, м/сут.

Приведенный радиус водопонижительной системы определяется по формуле

$$A = \sqrt{\frac{F}{p}}, \quad (3)$$

где F – площадь, ограниченная водопонижительными устройствами, м².

Радиус влияния (депрессии) системы вычисляется по формуле

$$R = A + 2S\sqrt{K_{\phi}H}, \quad (4)$$

где H – мощность водоносного слоя, м.

При этом напор в расчетной точке находится из условия

$$y = H - S. \quad (5)$$

Ожидаемый приток воды к системе Q_c , м³/сут, определяется по формуле

$$Q_c = \frac{2\pi m K_{\phi} (H-y)}{\ln \frac{R}{A}}, \quad (6)$$

где m – толщина водоносного слоя при напорной фильтрации или средняя толщина потока при безнапорной, м,

$$m = \frac{H+y}{2}, \quad (7)$$

Ожидаемый приток воды к системе Q'_c , м³/ч, рассчитывается следующим образом:

$$Q'_c = \frac{Q_c}{24}. \quad (8)$$

2.4 Определение длины коллектора, количества насосов и иглофильтров

Для легкой иглофильтровой установки в первом приближении длина коллектора, количество насосов и иглофильтров рассчитываются следующим образом. Для определения требуемого числа установок и длины коллектора на одну установку определяют проектируемую длину коллектора на одну установку:

$$l_k = \frac{P_k}{N}, \quad (9)$$

где P_k – общая длина коллектора системы, м;
 N – количество установок в системе, шт.,

$$N = \frac{P_k}{L_k}, \quad (10)$$

L_k – предельная длина коллектора на одну установку, м.

Предельная длина коллектора на одну установку определяется по справочной литературе. Для ЛИУ-6 она может быть найдена из графика на рисунке 1.

Число иглофильтров n при различном их шаге рассчитывается по формуле

$$n = \frac{l_k}{2\sigma}, \quad (11)$$

где 2σ – шаг иглофильтров, кратный 0,75 м.

Предельно допустимый дебит одного иглофильтра в зависимости от коэффициента фильтрации грунта водоносного слоя определяется по справочной литературе или из графика на рисунке 2.

Приток воды q , м³/ч, к каждому иглофильтру при различном их шаге рассчитывается по формуле

$$q = \frac{Q'_y}{n}, \quad (12)$$

где n – число иглофильтров в установке, шт.;

Q'_y – приток воды к установке, м³/ч,

$$Q'_y = \frac{Q'_c}{N}. \quad (13)$$

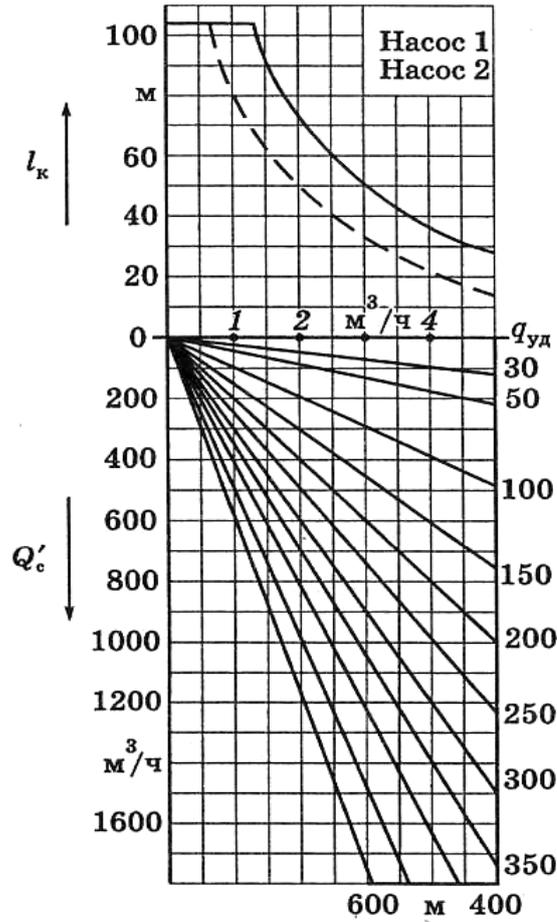


Рисунок 1 – График предельной длины всасывающего коллектора на один насосный агрегат ЛИУ-6

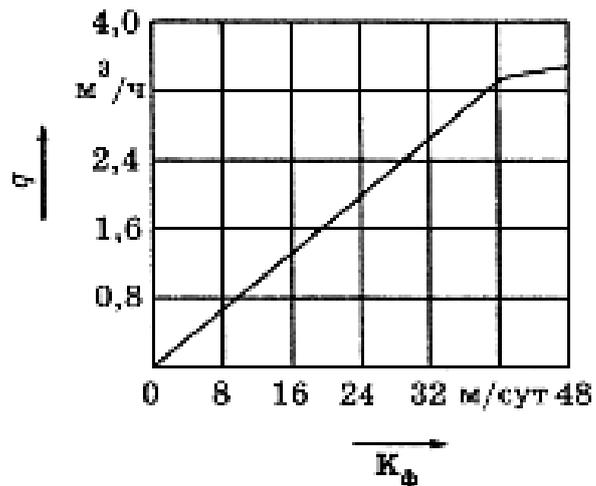


Рисунок 2 – Предельно допустимый дебит одного иглофильтра в зависимости от коэффициента фильтрации водоносного слоя

3 Расчетная часть

Задача. Рассчитать водопонизительную систему из легких игло-фильтровых установок при следующих исходных данных:

- размеры котлована по контуру иглофильтров 20 x 104 м;
- размеры по контуру всасывающего коллектора 21 x 105 м;
- глубина залегания грунтовых вод от поверхности земли $h_2 = 1$ м;
- мощность водоносного слоя $H = 12$ м;
- заглубление котлована ниже уровня грунтовых вод $H = 2,3$ м;
- коэффициент фильтрации грунта $K_f = 32$ м/сут;
- иглофильтры без обсыпки;
- высота оси насоса от поверхности земли $h_n = 0,5$ м.

Схема разреза котлована приведена на рисунке 3.

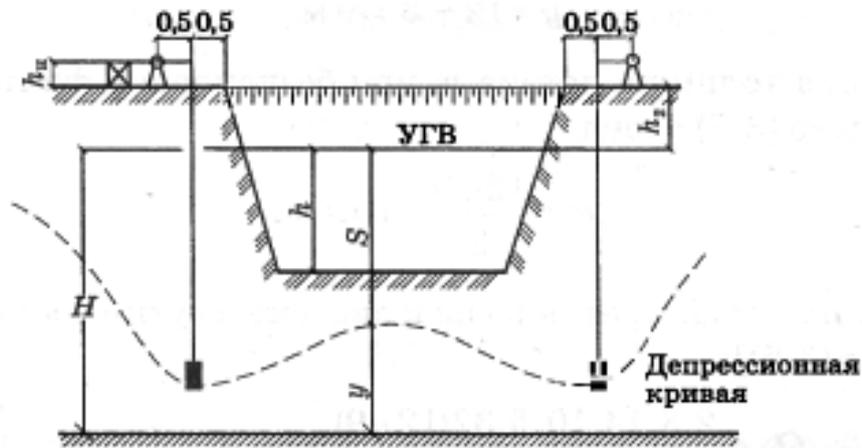


Рисунок 3 – Схема разреза котлована с установленными иглофильтрами

Решение

1 Требуемый уровень понижения грунтовых вод S находим из условия (1).

Высоту поднятия грунтовых вод определяем по формуле (2):

$$l = \frac{1}{\sqrt{32}} = 0,2 \text{ м.}$$

Тогда требуемый уровень понижения грунтовых вод рассчитываем по формуле (1):

$$S = 2,3 + 0,2 + 0,5 = 3 \text{ м.}$$

2 Приведенный радиус водопонижительной системы определяем по формуле (3) с учетом того, что площадь, ограниченная водопонижительными устройствами, $F = 20 \times 104 = 2080 \text{ м}^2$:

$$l = \sqrt{\frac{20 \times 104}{3,14}} = 25,7 \text{ м.}$$

3 Радиус влияния (депрессии) системы вычисляем по формуле (4):

$$R = 25,7 + 2 \times 3 \sqrt{32 \times 12} = 143,3 \text{ м.}$$

При этом напор в расчетной точке определяем по формуле (5):

$$y = 12 - 3 = 9 \text{ м.}$$

Среднюю толщину потока m при безнапорной фильтрации рассчитываем по формуле (7):

$$m = \frac{12 + 9}{2} = 10,5 \text{ м.}$$

4 Ожидаемый приток воды к системе в сутки вычисляем по формуле (6):

$$Q_c = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 10,5 \cdot 32(12 - 9)}{\ln \frac{143,3}{25,7}} = 3680 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

5 Ожидаемый приток воды к системе в час определяем по формуле (8):

$$Q'_c = \frac{3680}{24} = 153,3 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

6 При общей длине коллектора $P_k = 2 \times 21 + 2 \times 105 = 252 \text{ м}$ и притоке воды $153,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ по графику (см. рисунок 1) определяем, что предельная длина коллектора на один насос ЛИУ-6 (№ 1 и 2) составляет 105 м. Технические характеристики ЛИУ-6 можно найти в приложении В.

7 Требуемое число установок, длину коллектора на одну установку и приток воды к установке рассчитываем по формулам (9) – (11).

Количество установок в системе вычисляем по формуле (10):

$$N = \frac{252}{105} = 2,4 \text{ шт.}$$

Принимаем $N = 3 \text{ шт.}$

Проектируемую длину коллектора на одну установку l_k определяем по формуле (9):

$$l_k = \frac{252}{3} = 84 \text{ м.}$$

Приток воды к установке рассчитываем по формуле (13):

– в сутки:

$$Q_y = \frac{3680}{3} = 1226,7 \text{ м}^3/\text{сут};$$

– в час:

$$Q'_y = \frac{153,3}{3} = 51,1 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Приток воды к одной установке меньше производительности любого насосного агрегата ЛИУ-6 (приложение В), каждую установку может обслуживать два насосных агрегата ЛИУ-6 (рабочий и резервный) в любом сочетании. Следовательно, для всей системы требуется шесть насосных агрегатов ЛИУ-6 (три комплекта).

8 По заданию по коэффициенту фильтрации грунта K_f находим предельный дебит одного иглофильтра, равный $2,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ (рисунок 2).

Определим число иглофильтров n и приток воды q к каждому из них при различном шаге иглофильтров 2σ по формулам (11) и (12).

Шаг иглофильтров увеличивается до значения, при котором приток воды не превышает предельно допустимого дебита иглофильтров (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты расчетов

2а, м	n, шт.	м ³ /ч
0,75	112	0,46
1,5	56	0,91
2,25	37	1,38
3,0	28	1,83
3,75	23	2,22
4,5	19	2,68
5,25	16	3,19

Таким образом, на одну установку необходимо 19 иглофильтров, коллектор длиной 84 м, два насоса (рабочий и резервный). На всю систему из трех установок потребуется 57 иглофильтров, коллектор длиной 252 м, шесть насосов.

Список литературы

1 **ТКП 45-1.01-159-2009.** Строительство. Технологическая документация при производстве строительного-монтажных работ. Состав, порядок разработки, согласования и утверждения технологических карт. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2009. – 14 с.

2 **ТКП 45-1.03-44-2006.** Безопасность труда в строительстве. Строительное производство. – Минск: М-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2007. – 33 с.

3 **Луцкий, С. Я.** Технология строительного производства: справочник / С. Я. Луцкий, С. С. Атаев, Л. И. Бланк; под общ. ред. С. Я. Луцкого. – М.: Высш. шк., 1991. – 384 с.

4 **Афанасьев, А. А.** Технология строительных процессов / А. А. Афанасьев, Н. Н. Данилов, В. Д. Копылов. – М.: Высш. шк., 2000. – 464 с.

5 **Кокин, А. Д.** Отделочные работы в строительстве: справочник строителя / А. Д. Кокин, О. С. Вершинина, Т. М. Каптельцева; под ред. А. Д. Кокина и В. Е. Байера. – М.: Стройиздат, 1988. – 656 с.

6 **Хамзин, С. К.** Технология строительного производства. Курсовое и дипломное проектирование / С. К. Хамзин, А. К. Карасев. – М.: Стройиздат, 1989. – 216 с.

7 **СНБ 8.03.101-2000.** Земляные работы для городского строительства / Ресурсно-сметные нормы на строительные конструкции и работы. Сборник 1. – Минск: Мин-во архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь, 2001. – 112 с.

8 **Кремнева, Е. Г.** Производство земляных работ и устройство фундаментов. Практикум: учеб. пособие / Е. Г. Кремнева. – Минск.: Новое знание, 2008. – 172 с.: ил.

Приложение А
(рекомендуемое)

Таблица А.1 – Варианты заданий для практических работ

Номер варианта	Размер выемки поверху, м ²	Глубина котлована h_1 , м	Глубина залегания грунтовых вод h_2 , м	Мощность водоносного слоя H , м	Коэффициент фильтрации K_f , м/сут
1	18 × 72	3,5	1,5	10	24
2	36 × 80	2,8	1,3	12	30
3	3 × 100	3,0	1,5	11	32
4	12 × 60	2,4	1,6	9	28
5	24 × 64	2,6	1,7	10	27
6	36 × 48	2,7	1,6	9	25
7	5 × 200	3,0	1,8	12	32
8	48 × 144	3,2	1,2	10	40
9	48 × 100	4,2	2,0	10	36
10	4 × 80	3,4	2,5	9	30
11	18 × 72	4,0	1,4	12	28
12	5 × 120	2,7	2,0	11	26
13	18 × 54	3,6	1,8	10	32
14	36 × 72	3,5	1,5	10	24
15	18 × 80	2,8	1,3	12	30
16	6 × 100	3,0	1,5	11	32
17	18 × 60	2,4	1,6	9	28
18	12 × 64	2,6	1,7	10	27
19	48 × 48	2,7	1,6	9	25
20	6 × 200	2,8	1,4	10	32
21	24 × 144	3,2	1,2	10	40
22	18 × 100	4,2	2,0	10	36
23	6 × 80	3,4	2,5	9	30
24	24 × 72	6,0	1,6	9	28
25	12 × 120	2,7	2,0	11	26
26	24 × 54	3,6	1,8	10	32
27	4 × 80	3,4	2,5	9	30
28	18 × 72	4,0	1,4	12	28
29	5 × 120	2,7	2,0	11	26
30	18 × 54	3,6	1,8	10	32

Приложение Б (справочное)

Таблица Б.1 – Технические характеристики насосов

Марка насоса	Производительность, м ³ /ч	Наибольшая высота всасывания, м
С-205А	12	6
С-203	24	9
С-374	24	6
С-247	35	6

Приложение В (справочное)

Таблица В.1 – Технические характеристики легких иглофильтровых установок (ЛИУ)

Показатель	Марка насоса			
	ЛИУ-2	ЛИУ-3	ЛИУ-5	ЛИУ-6
Глубина погружения, м	5	5	5	5
Паспортная производительность, м ³ /ч	30	60	120	140
Число звеньев коллектора, шт.	12	18	18	2 × 18
Длина звена, м	2,5	5,25	5,25	5,25
Расстояние между штуцерами для присоединения иглофильтров, м	0,75	0,75	0,75	0,75
Диаметр фильтрового звена, м	0,05	0,05	0,05	0,05