МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства
Кафедра «Санитарно-технические системы»

Утверждено на заседании кафедры
«Санитарно-технические системы»
«20» января 2023 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой
_____ Р.А. Ковалев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению расчетно-графической работы
по дисциплине (модулю)
«Теоретические основы подземной фильтрации»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы магистратуры

по направлению подготовки
08.04.01 – "Строительство"

с профилем
"Теория и практика организационно-технологических и экономических решений"

Форма(ы) обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 080401-03-23

Тула 2023 год

Разработчик(и) методических указаний

Белоусов Р.О., доцент, к.т.н., доцент _____

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание) *(подпись)*

Требования к РГР

Таблица исходных данных

№ по списку:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Коэффициент фильтрации, м/сут	18	40	18	55	35	20	45	25	15	10	30	24
Глубина заложения грунтовых вод, м	4	4	5	4,5	2,5	3,5	5,25	1,5	2	3,2	4,4	2,75
Глубина заложения водоупора, м	9	8,6	10	8	6	9	11	3,8	5,25	8,5	11,2	4,8
Толщина водоупора, м	3	1,6	4	2,5	1,5	3	4	8	3,6	9,5	2,3	5,5
Мощность артезианского водоносного пласта под водоупором, м	24	25	15	10	40	18	22	35	27	12	14	33
Напор воды в артезианском водоносном пласте, м	29	30	25	15	44	20	30	40	33	18	20	39
Диаметр шахтного колодца, м	3	1,5	2	2,5	1,25	1,5	2	2	1,5	1	1,5	2
Диаметр скважины, мм	200	125	150	175	200	225	250	200	125	300	250	150
Длина водосборной галереи, м	80	75	100	25	60	80	200	25	30	40	55	65
Понижение уровня при откачке, м	3	2,5	4	1,5	3	4,5	5	1	1,5	2	4,5	1
Длина дамбы, м	18	15	20	25	30	5	7	8	11	15	4	6
Ширина дамбы, м	6	3	5	6	2	2,5	5,5	6	5	4	3,5	2,75
Глубина воды в верхнем пруде, м	5	3	2	2,5	5	4,5	3,25	3	2	5	4	3
Глубина воды в нижнем пруде, м	2,5	1,6	1	1,20	3	2	2	1,25	1	3	1,9	2
Диаметр котлована под КНС, м	9	5	6	8	10	12	6	8	7	9	10	5
Глубина котлована, м	8	5,5	7	5,25	4	5	7	2,5	4	4,5	6	3,5

Требуется рассчитать:

1. Совершенный безнапорный шахтный колодец
   - Определить дебит
   - При какой глубине откачки дебит колодца уменьшится на 30%?
   - На каком расстоянии от колодца уровень грунтовых вод понизится на 0,5 м?

2. Совершенная артезианская скважина (трубчатый колодец)
   - Определить дебит
   - Какой диаметр скважины нужен для увеличения дебита на 50%?
   - При какой глубине откачки дебит скважины будет равен дебиту шахтного колодца?

3. Водосборная галерея

- Определить дебит
- На каком расстоянии от галереи уровень грунтовых вод понизится на 1 м?

4. Земляная перемычка (дамба) между прудами
   - Определить дебит воды через перемычку
   - Считая высоту отметку верха дамбы на 1 м выше отметки воды в верхнем пруде определить глубину грунтовых вод по центру дамбы (по ширине)

5. Котлован под КНС
   - Рассчитать водопонижающие скважины (дебит, место установки)

При сдаче работы представляются файлы Excel по проведенным промежуточным расчетам.

Пример выполнения РГР

Исходные данные

Коэффициент фильтрации , м/сут	12
Глубина заложения грунтовых вод, м	3
Глубина заложения водоупора, м	7
Толщина водоупора, м	2,55
Мощность артезианского водоносного пласта под водоупором, м	30
Напор воды в артезианском водоносном пласте, м	35
Диаметр шахтного колодца, м	2
Диаметр скважины, мм	150
Длина водосборной галереи. м	50
Понижение уровня при откачке, м	2
Длина дамбы, м	10
Ширина дамбы, м	4
Глубина воды в верхнем пруде, м	4
Глубина воды в нижнем пруде. м	1,5
Диаметр котлована под КНС, м	4
Глубина котлована, м	4

1. Совершенный безнапорный шахтный колодец.

1.1. Определяем дебит безнапорного шахтного колодца:

$$Q = \frac{\pi \cdot k(H^2 - h_0^2)}{ln\frac{R}{r_0}}, \frac{м^3}{сут}$$

$$R = 3000 \cdot S \cdot \sqrt{k}, м$$

H = 7-3=4 м

$$h_0 = 4 - 2 = 2м$$

$$R = 3000 \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{12}{86400}} = 70{,}7$$

$$Q = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}000138 \cdot (4^2 - 2^2)}{ln\frac{70{,}7}{0{,}075}} = \frac{0{,}005}{6{,}84} = 0{,}0007\frac{м^3}{с} = 0{,}7\frac{л}{с} = 60{,}5\frac{м^3}{сут}$$

1.2. При какой глубине откачки дебит колодца уменьшится на 30%:

Q = Q_1- 30%

30%= 60,5 $м^3/сут$

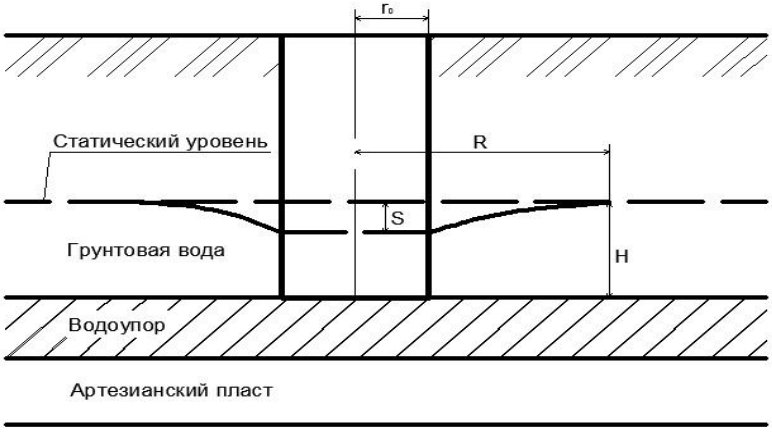
Q = 60,5 – 18,2 =42,3 $м^3/сут$=0,0005 $м^3/с$

Отсюда :

Таблица 1. Определение глубины откачки воды из шахтного колодца

S	Q	R	H	h
2	0,00076	70,4	4	2
1,9	0,000703	75,088	3,9	2
1,7	0,000618	67,184	3,7	2
1,4	0,000496	55,328	3,4	2
1,2	0,000419	47,424	3,2	2
1,1	0,000382	43,472	3,1	2

Рис. 1. Совершенный безнапорный шахтный колодец



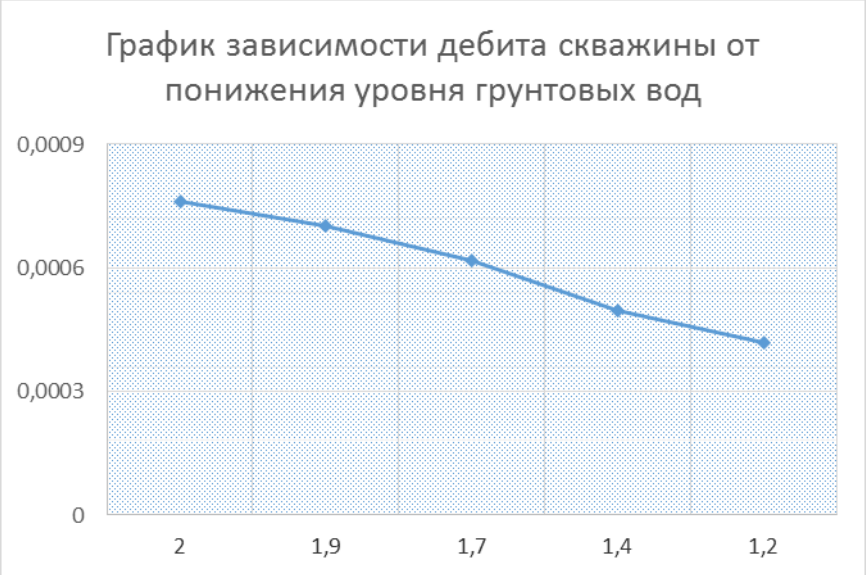


Рис.2. Зависимость дебита от уровня понижения

Следовательно, при S =1,5 м дебит колодца уменьшится на 30 %

1.3. На каком расстоянии от колодца уровень грунтовых вод понизится на 0,5 м:

h = 3,0+ 0,5 = 3,5

Таблица 2. Определение радиуса влияния

r	h
1	4
2,5	4,20
5	4,34
7,5	4,42
14	4,54

Рис.3 Депрессионная кривая

Отсюда, на расстоянии 4,25 от колодца уровень грунтовых вод понизится на 0,5 м

2. *Совершенная артезианская скважина.*

2.1. Определяем дебит артезианской скважины:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot M \cdot S}{ln\frac{R}{r_0}}, м^3/сут$$

$$R = 2 \cdot S\sqrt{H \cdot k}, м$$

$$R = 2 \cdot 2\sqrt{35 \cdot 12} = 79{,}6\ м$$

$$Q = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 12 \cdot 30 \cdot 2}{ln\frac{79{,}6}{0{,}075}} = 648{,}7 м^3/сут$$

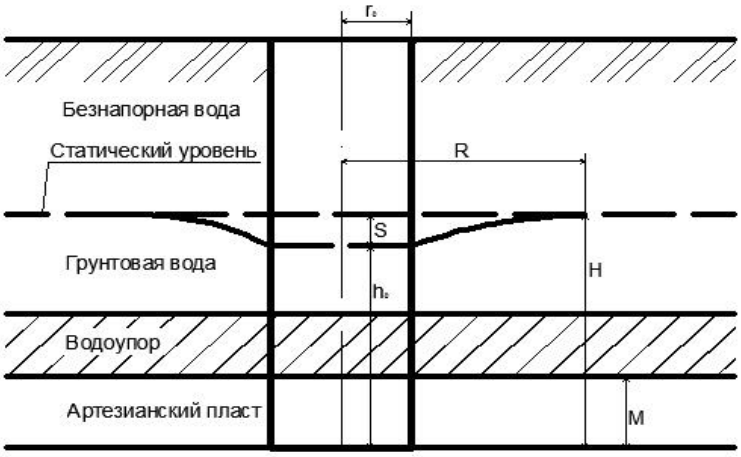


Рис. 4 Совершенная артезианская скважина

2.2. Какой диаметр скважины нужен для увеличения дебита на 50%:

Q = Q_1+50%

Q = 648,7+324,35 = 973,05 $\frac{м^3}{сут}$

Тогда:

Таблица 3. Определение диаметра скважины.

r	Q
0,0625	632,4267
0,1	676,9268
0,5	891,806
0,75	969,3236
2	1227,406

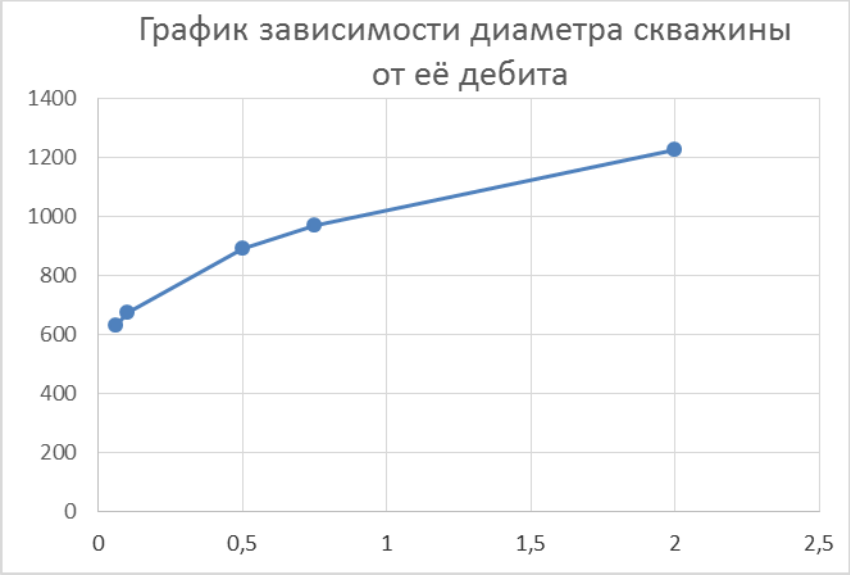


Рис. 5. График зависимости диаметра скважины от ее дебита.

Отсюда, при диаметре скважины 0,7 м дебит скважины будет увеличен на 50%.

2.3. При какой глубине откачки дебит скважины будет равен дебиту шахтного колодца:

$Q_{ш.к.}$=259,2 $м^3$/сут

Таблица 4. Определение глубины откачки.

r	Q
0,0625	632,4267
0,1	676,9268
0,5	891,806
0,75	969,3236
0,8	982,9228

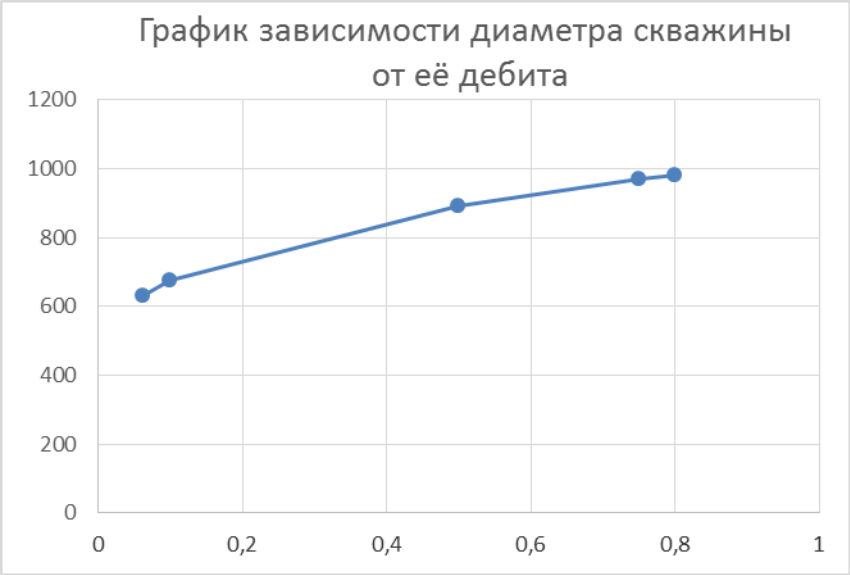


Рис. 6. График зависимости глубины откачки от дебита скважины.

При D= 1,5м дебит скважины будет равен дебиту шахтного колодца.

3. *Водосборная галерея.*

3.1. Определяем дебит водосборной галереи:

$$Q = \frac{k \cdot B}{2 \cdot R}(H^2 - h_0^2), \frac{м^3}{сут}$$

$$R = 2 \cdot S \cdot \sqrt{H \cdot k}, м$$

$$R = 2 \cdot 2 \cdot \sqrt{4 \cdot 12} = 27{,}7 м$$

$$Q = \frac{12 \cdot 50}{2 \cdot 27{,}7}(4^2 - 2^2) = 130\ м^3/сут$$

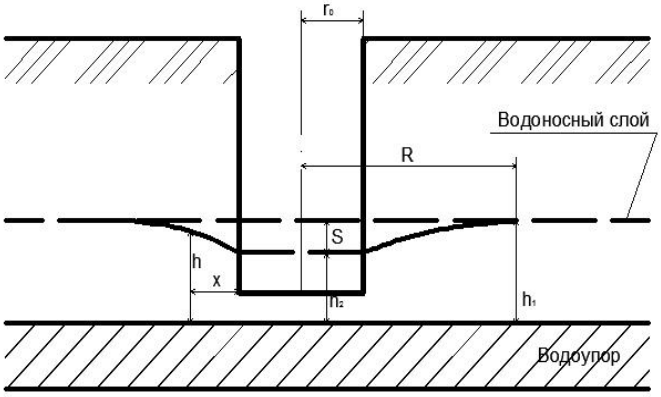


Рис.7. Водосборная галерея

3.2 На каком расстоянии от галереи уровень грунтовых вод понизится на 1 м:

h = 3+1= 4 м

Таблица 5. Определение расстояния

X	h
22	3,6784
24	3,7944
26	3,9069
28	4,0162

$$h = \sqrt{H_1^2 - \frac{R - x}{R}(H^2 - h_0^2)}$$

$$4 = \sqrt{16 - \frac{(27{,}7 - 28) \cdot 12}{27{,}7}}$$

4=4

На расстоянии 28 м от галереи уровень грунтовых вод понизится на 4 м.

4. *Земляная перемычка (дамба) между прудами.*

4.1. Определяем дебит воды через перемычку:

$$q = \frac{(h_2^2 - h_1^2)}{2L} \cdot k, \text{м}^3/\text{сут}$$

$$q = \frac{(4^2 - 1{,}5^2)}{2 \cdot 4} \cdot 12 = 20{,}63 \text{ м}^3/\text{сут}$$

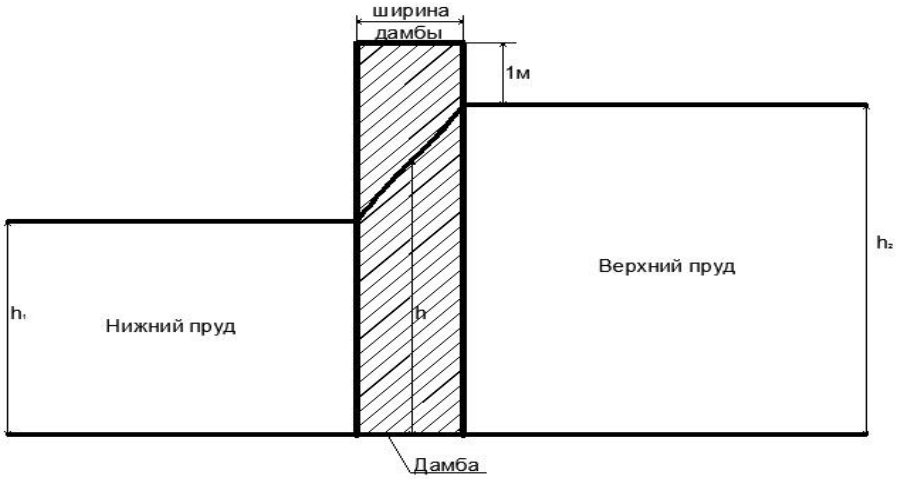


Рис. 8 Земляная перемычка (дамба)

4.2. Считая высоту отметку верха дамбы на 1 м выше отметки воды в верхнем пруде определить глубину грунтовых вод по центру дамбы (по ширине):

$$h^2 - h_1^2 = \frac{2 \cdot q}{k} \cdot x$$

$$h = \sqrt{\frac{2 \cdot q}{k} \cdot x + h_1^2}, \text{ м}$$

$$h = \sqrt{\frac{2 \cdot 20{,}63}{12} \cdot 1 + 1{,}5^2} = 2{,}38\text{м}$$

5. Котлован

5.1. Рассчитать водопонижающие скважины (дебит, место установки)

Диаметр котлована 4 м, глубина заложения 4 м, мощность безнапорного водоносного горизонта 30 м, глубина залегания грунтовых вод 3 м, коэффициент фильтрации 12 м/сут. Скважина доходит до водоупора, диаметр скважины 150 мм. Скважины расположены на расстоянии 12 м от центра котлована. Располагаем на расстоянии R_0= 12 м от центра котлована.

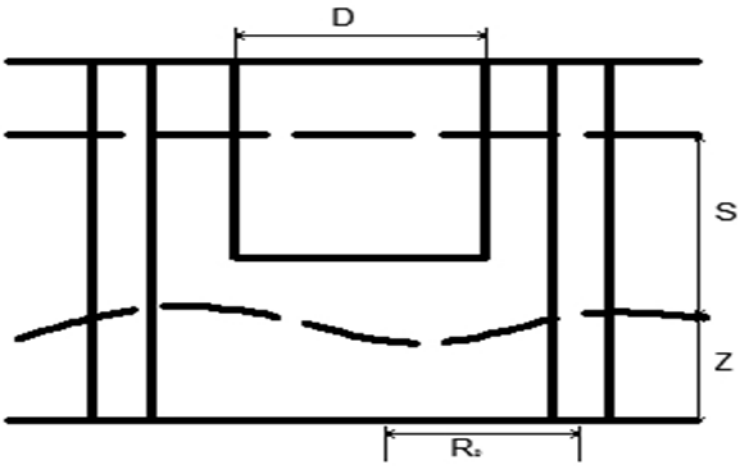


Рис. 10 Котлован под КНС

Задаем величину S = 4+7-3 = 8 м

$$R = 2 \cdot S\sqrt{H \cdot K}, \text{ м}$$

$$R = 2 \cdot 8\sqrt{30 \cdot 12} = 303{,}57\text{м}$$

Суммарный дебит скважин:

$$Q = \frac{\pi \cdot K(2H - S) \cdot S}{\ln\frac{R}{R_0}}, \text{м}^3/\text{сут}$$

$$Q = \frac{3{,}14 \cdot 12(2 \cdot 30 - 8) \cdot 8}{\ln\frac{303{,}57}{12}} = 4852{,}9\ \text{м}^3/\text{сут}$$

$$\varphi = 120 \cdot \pi \cdot r_0\sqrt[4]{K}$$

$$\varphi = 120 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}15\sqrt[4]{12} = 105{,}13$$

Задаем количество скважин n=2, высота фильтрующей части скважины :

$$z_0 = \sqrt{(H - S)^2 - \frac{Q\ln\frac{R_0}{nr_0}}{\pi nK}}, \text{м}$$

$$z_0 = \sqrt{(30-2)^2 - \frac{4852{,}9 \ln \frac{12}{2 \cdot 0{,}15}}{3{,}14 \cdot 2 \cdot 12}} = 23{,}17 \text{ м}$$

Проверяем результат:

$$z_0 = \frac{Q}{\varphi n}$$

$$z_0 = \frac{4852{,}9}{105{,}13 \cdot 6} = 23{,}1\text{м}$$

Принимаем 2 скважины высотой 23,1 м

Расстояние между скважинами:

$$L = \frac{2\pi R_0}{n}, \text{м}$$

$$L = \frac{2 \cdot 3{,}14 \cdot 12}{2} = 37{,}68\text{м}$$

Дебит одной скважины:

$$Q_0 = \frac{Q}{n}, \text{м}^3/\text{сут}$$

$$Q_0 = \frac{4852{,}9}{2} = 2426{,}45\text{м}^3/\text{сут}$$