

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 2022 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой



Р.А. Ковалев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по выполнению курсовой работы**  
**по дисциплине (модулю)**  
**«Сооружения подземной фильтрации»**

**основной профессиональной образовательной программы**  
**высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки  
**08.04.01 – "Строительство"**

с профилем  
**"Водоснабжение и водоотведение"**

Форма(ы) обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 080401-01-22

Тула 2022 год

## Разработчик(и) методических указаний

Белоусов Р.О., доцент, к.т.н., доцент  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



---

(подпись)

## Требования к курсовой работе

Курсовая работа состоит из 2-х разделов

### 1-й раздел (расчетный):

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.***

**2-й раздел (техническая справка по указанной теме):**

№ по списку:	тема
4	Совершенные шахтные колодцы
7	Несовершенные шахтные колодцы
6	Водоотдающие колодцы
10	Трубчатые колодцы
12	Насосы для скважин
2	Каптаж источников
9	Водосборные галереи
11	Дренажные насосы
3	Иглофильтры
8	Дренажные канавы
1	Водопонижение при строительных работах
5	Фильтрация воды через перемычки (малые дамбы)

**Требования:**

- В технической справке не должно быть лирических отступлений; не перегружать текст мелкими деталями (например, марками обсадных труб; мощностями погружных насосов и т.п.).
- Текст должен быть понятен специалисту по водоснабжению и водоотведению, но не занимающемуся вопросами данной темы.
- Должны быть раскрыты вопросы практического плана (например, критерии выбора, вопросы эксплуатации и т.п.)
- Отдельной обложки не нужно, достаточно в начале указать тему.
- Объем: не регламентируется (тема должна быть раскрыта, но желательно не более 10-15 стр.)
- Оформление: единообразие оформления текста

## Пример выполнения расчетной части

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:

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

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

$$H = 7 - 3 = 4 \text{ м}$$

$$h_0 = 4 - 2 = 2 \text{ м}$$

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

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

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

$$Q = Q_1 - 30\%$$

$$30\% = 60,5 \text{ м}^3/\text{сут}$$

$$Q = 60,5 - 18,2 = 42,3 \text{ м}^3/\text{сут} = 0,0005 \text{ м}^3/\text{с}$$

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

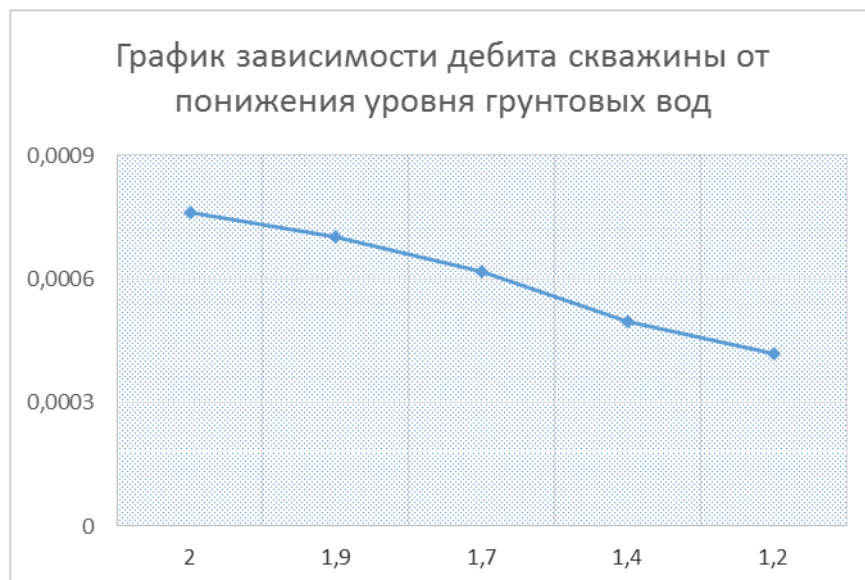
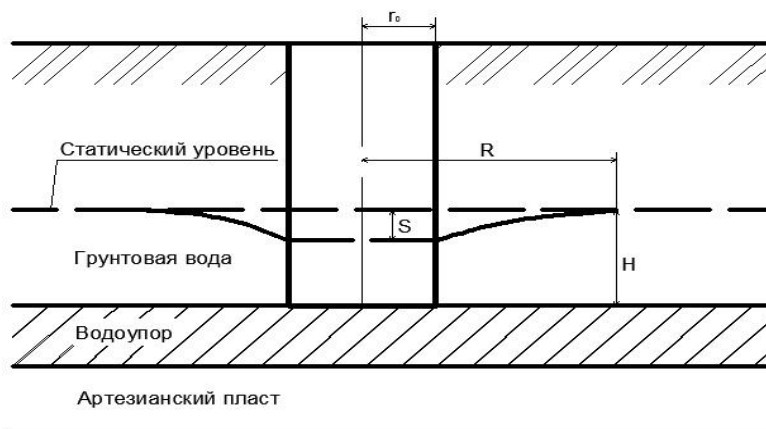


Рис.2. Зависимость дебита от уровня понижения  
 Следовательно, при  $S = 1,5$  м дебит колодца уменьшится на 30 %

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:

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

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

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

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

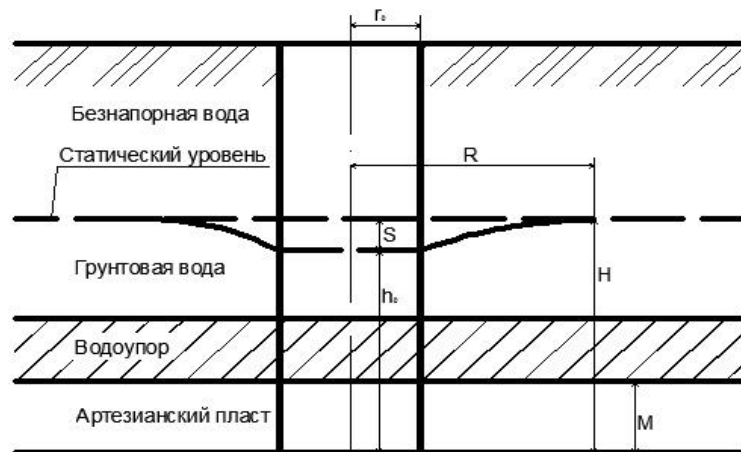


Рис. 4 Совершенная артезианская скважина

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

$$Q = Q_1 + 50\%$$

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

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

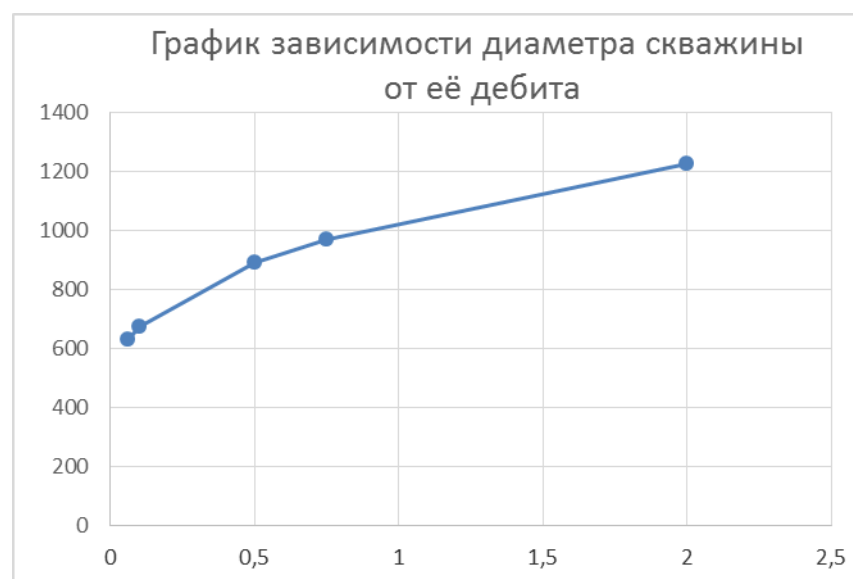


Рис. 5. График зависимости диаметра скважины от ее дебита.



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:

$$Q_{\text{ш.к.}} = 259,2 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Таблица 4. Определение глубины откачки.

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

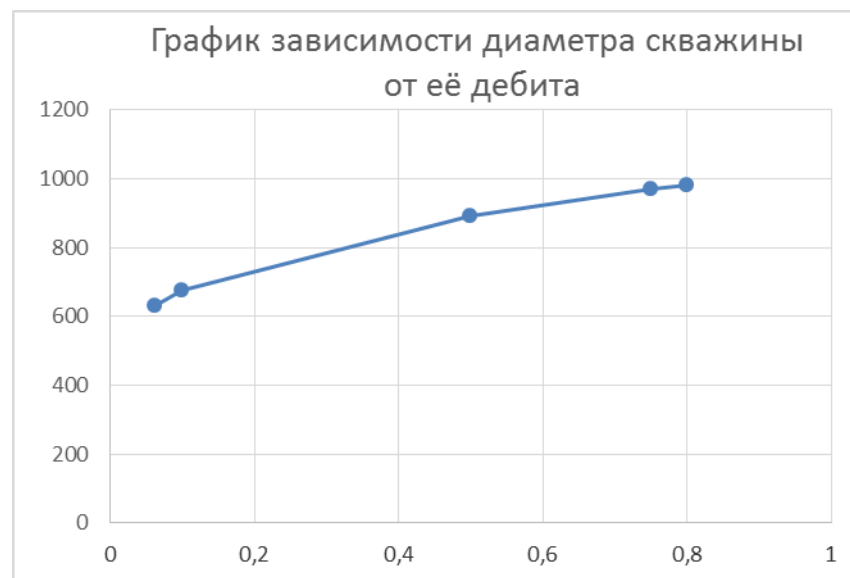


Рис. 6. График зависимости глубины откачки от дебита скважины.

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

3. Водосборная галерея.

3.1. Определяем дебит водосборной галереи:

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

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

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

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

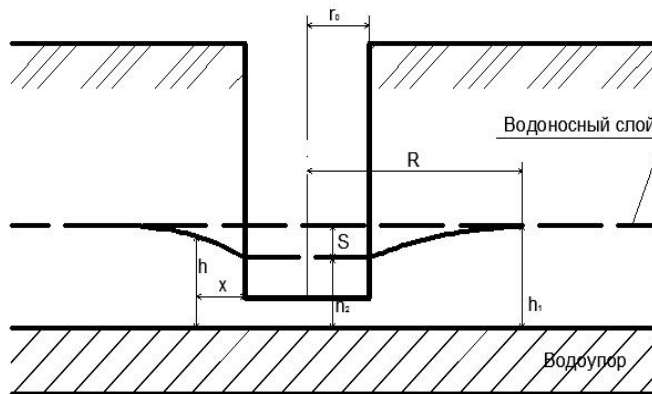


Рис.7. Водосборная галерея

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

$$h = 3+1=4 \text{ м}$$

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:

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

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

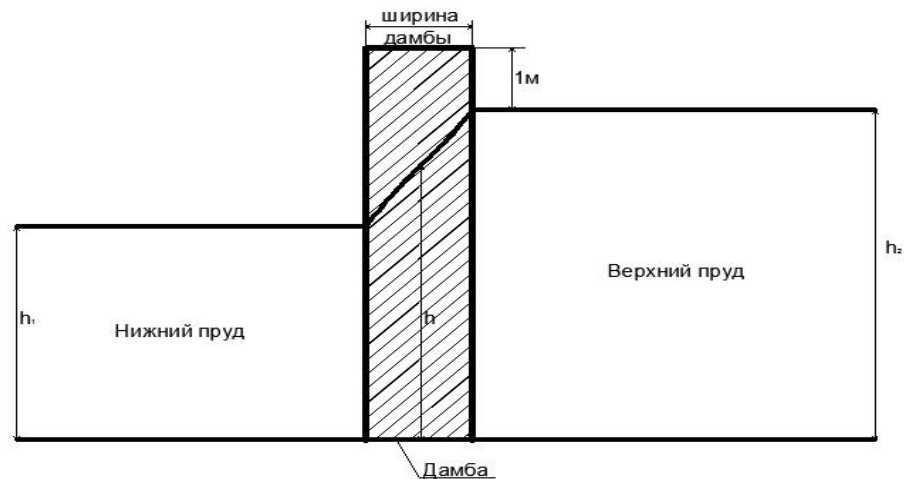


Рис. 8 Земляная перемычка (дамба)

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 под КНС.

### 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.

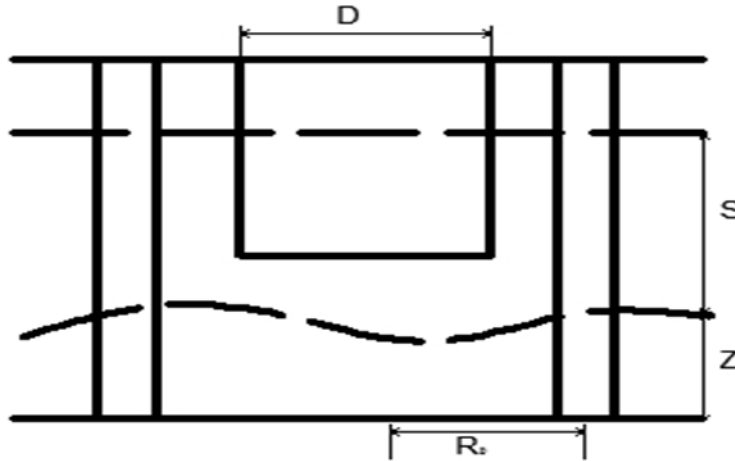


Рис. 10 Котлован под КНС

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 :

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

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

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:

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

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