

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

**Кафедра «Экология и рациональное использование
водных ресурсов»**

В. Л. ГРУЗИНОВА

РАСЧЕТ АРТЕЗИАНСКОЙ СКВАЖИНЫ

Учебно-методическое пособие

Гомель 2016

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Экология и рациональное использование
водных ресурсов»

В. Л. ГРУЗИНОВА

РАСЧЕТ АРТЕЗИАНСКОЙ СКВАЖИНЫ

*Одобрено учебно-методической комиссией
строительного факультета в качестве учебно-методического пособия по
выполнению курсового проекта
«Водозаборные сооружения из поверхностного и подземного источников»*

Гомель 2016

УДК 628.112.23 (075.8)
ББК 33.131
Г90

Р е ц е н з е н т – зав. кафедрой геологии и географии УО «ГГУ-
им. Ф. Скорины»
канд. геогр. наук, доцент *А. И. Павловский*

Грузинова, В. Л.

Г90 Расчет артезианской скважины: учеб.-метод. пособие / В. Л. Грузинова;
М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т
трансп. – Гомель: БелГУТ, 2016. – 27 с.
ISBN 978-985-554-498-3

Приведены основы расчета артезианских скважин, подбора насосного и фильтровального оборудования, необходимые для выполнения курсового проекта на тему «Водозаборные сооружения из поверхностного и подземного источников».

Предназначено для студентов специальности 1-70 04 03.

УДК 628.112.23 (075.8)
ББК 33.131

ISBN 978-985-554-498-3 © Грузинова В.Л., 2016

© Оформление. УО «БелГУТ», 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1 Исходные данные для проектирования.....	5
2 Построение проектного геолого-технического разреза	9
3 Выбор водоносного пласта.....	9
4 Определение допустимой величины отбора воды из скважины.....	10
5 Решение вопроса о возможности применения одиночной скважины.....	11
6 Определение количества скважин.....	11
7Выбор насосного агрегата.....	12
8Расчет водоприемной части скважины	15
9Разработка конструкции скважины ударно-канатного бурения	23
10Разработка конструкции скважины роторного бурения	24
11Расположение скважин	24
Список использованной литературы	26
Приложение АГеолого-технический разрез	27

ВВЕДЕНИЕ

Природные источники подразделяются на поверхностные и подземные. В Республике Беларусь имеется около 14 тысяч источников водоснабжения, из них 4 – поверхностные, остальные – подземные. Поверхностные источники используются в Минске, Гомеле, Гродно и Полоцке для технического водоснабжения.

Для питьевого водоснабжения должны максимально использоваться имеющиеся запасы подземных вод, удовлетворяющих санитарно-гигиеническим требованиям, при условии, что:

- запасы подземных вод позволяют обеспечить общее водопотребление по проектируемой системе водоснабжения;
- возможно увеличение запасов до расчетной потребности путем их искусственного пополнения при их недостаточности;
- качество воды удовлетворяет требованиям или может быть доведено до требуемого качества экономически оправданными и надежными способами;
- имеется возможность создать зоны санитарной охраны водозабора.

Для производственного водоснабжения должны использоваться, как правило, поверхностные водоисточники, а также должны рассматриваться варианты использования очищенных сточных вод.

Использование подземных вод питьевого качества для нужд, не связанных с питьевым водоснабжением, как правило, не допускается. Если в рассматриваемом районе отсутствуют необходимые поверхностные водоисточники, но имеются достаточные запасы подземных вод питьевого качества, допускается использование этих вод на производственные нужды и для полива территорий и зеленых насаждений с разрешения органов государственного управления по природным ресурсам и охране окружающей среды.

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Для выполнения курсового проекта студенту предлагается индивидуальный вариант, представляющий собой двузначное число. Варианты выбираются в зависимости от порядкового номера студента в журнале академической группы по таблице 1.

Таблица 1 – Выбор варианта

Порядковый номер	Вариант	Порядковый номер	Вариант	Порядковый номер	Вариант
1	12	11	09	21	15
2	23	12	98	22	26
3	34	13	87	23	37
4	45	14	76	24	48
5	56	15	65	25	59
6	67	16	54	26	60
7	78	17	43	27	71
8	89	18	32	28	82
9	90	19	21	29	93
10	01	20	10	30	04

По первой цифре варианта принимаются исходные данные для построения геологического разреза (таблицы 2, 3) и общие данные для проектирования (таблица 4).

Для построения геологического разреза предлагаются исходные данные для девяти пластов, три из которых являются водоносными. По таблице 3 подбираются варианты сведений о каждом пласте, а сами сведения принимаются по таблице 2.

Таблица 2 – Сведения о пластах геологического разреза

Номер пласта	Вариант задания (первая цифра)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Вариант пласта									
1	4	3	1	2	1	1	2	4	2	3
2	1	1	4	2	2	2	3	3	1	4
3	2	3	3	4	4	3	1	4	2	1
4	2	3	3	4	1	4	2	2	3	1
5	1	2	1	2	3	3	3	4	4	1
6	3	3	4	2	1	4	4	1	3	2
7	3	1	3	4	2	1	4	2	1	2
8	3	3	3	4	4	1	1	2	2	3
9	1	1	3	4	4	1	1	2	2	3

Таблица 3 – Сведения о пластах геологического разреза

Номер пласта	Вариант пласта	Наименование горных пород	Мощность пласта, м
1	1	Растительный слой	4
	2		2
	3	Песок	1
	4		4
2	1	Глина	30,4
	2	Конгломерат	41,2
	3	Песчаник	44,7
	4	Суглинок	29,6
3	1	Песок водоносный	17,7
	2		18,9
	3		22,4
	4		20,5
4	1	Конгломерат	15,7
	2	Песчаник	21,4
	3	Суглинок	37,8
	4		29,7
5	1	Песчаник	20,2
	2	Глина	22,6
	3	Мел	31,1
	4	Песчаник	41,2
6	1	Песок водоносный	23,0
	2		26,9
	3		27,6
	4		31,8
7	1	Суглинок	16,8
	2	Конгломерат	41,6
	3	Глина	18,9
	4	Мел	54,5
8	1	Песок водоносный	42,8
	2		24,6
	3		16,2
	4		31,4
9	1	Суглинок	17,9
	2	Конгломерат	24,7
	3	Мел	30,4
	4	Глина	36,8

По второй цифре варианта принимаются показатели качества воды в водоносных пластах и характеристики водоносных горизонтов (таблицы 5–7).

Таблица 4 – Общие данные для проектирования

Наименование показателя	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Среднесуточная водопотребность $Q_{\text{ср-сут}}$, м ³ /сут	950	1200	1000	1250	1050	800	1100	850	1150	900
Время работы водоподъемника в течение суток T , ч	16	22	18	24	20	20	22	18	24	16
Абсолютная отметка устья скважины, м	205	365	225	45	405	85	285	125	365	165
Отметка, на которую необходимо подать воду, м	220	385	241	55	422	96	303	138	344	179

Таблица 5 – Характеристика 1-го водоносного горизонта

Показатели	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Запах и привкус, баллы	4	3	1	5	2	1	2	3	3	4
Мутность, мг/л	0	0,7	0,5	1,5	1,8	2,4	2,0	5,0	1,0	3,0
Цветность, рад	23	26	10	19	23	17	21	42	18	36
Сухой остаток, мг/л	1730	840	730	930	1120	940	1260	1020	1290	650
Общая жесткость, мг-экв/л	6,0	8,0	4,1	9,0	6,5	3,7	7,7	9,5	7,0	8,5
Количество кишечных палочек в 1 л воды	1	2	1	4	4	1	1	5	2	1
50%-й размер частиц водоносного песка	0,5	0,05	1,0	0,1	2,0	1,5	3,0	2,5	4,0	0,8
Коэффициент фильтрации, м/сут	30	4	80	150	75	75	100	90	200	70
Удельный дебит, м ³ /ч-м	0,48	0,33	0,9	0,52	0,43	1,1	0,56	0,46	0,53	0,60
Статический напор, м	20	32	41	25	24	39	30	22	34	35

Таблица 6 – Характеристики 2-го водоносного горизонта

Показатели	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Запах и привкус, баллы	1	2	5	4	1	2	2	2	1	3
Мутность, мг/л	0	0,2	0,5	2,0	1,5	4,5	2,5	0,8	1,0	4,0
Цветность, град	11	17	14	26	19	37	25	13	15	21
Сухой остаток, мг/л	1860	900	1230	1050	670	1590	1150	760	950	1810
Общая жесткость, мг-экв/л	8,8	6,8	7,7	8,8	7,0	7,5	9,2	6,3	5,1	9,5
Количество кишечных палочек в 1 л воды	3	1	6	3	3	2	4	2	2	4
50%-й размер частиц водоносного песка	0,5	1,0	0,8	2,0	1,5	3,0	0,1	2,5	0,25	3,5
Коэффициент фильтрации, м/сут	45	83	60	97	84	220	6	90	14	118
Удельный дебит, м ³ /ч·м	0,36	0,8	0,26	0,4	0,85	0,34	0,29	0,95	1,0	0,44
Статический напор, м	35	53	30	45	55	28	54	67	59	42

Таблица 7 – Характеристики 3-го водоносного горизонта

Показатели	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Запах и привкус, баллы	1	2	3	1	3	5	1	4	4	2
Мутность, мг/л	0,7	1,4	2,2	0,5	2,5	1,4	0	3,0	1,5	1,0
Цветность, град	12	25	28	14	20	24	16	22	22	18
Сухой остаток, мг/л	750	1670	890	800	1180	1180	850	1980	1200	900
Общая жесткость, мг-экв/л	5,5	5,0	10,3	6,0	8,5	8,0	6,5	7,5	5,5	4,0
Количество кишечных палочек в 1 л воды	1	1	5	2	4	5	3	3	6	1
50%-й размер частиц водоносного песка	0,25	4,0	0,5	1,8	1,0	0,7	2,0	1,5	0,9	3,0
Коэффициент фильтрации, м/сут	19	230	15	89	79	25	86	76	30	123
Удельный дебит, м ³ /ч·м	1,15	0,26	0,64	1,2	0,36	0,3	1,03	0,23	0,34	0,82
Статический напор, м	65	25	40	80	50	30	75	45	35	70

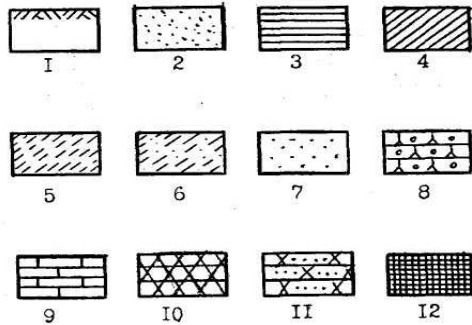
2 ПОСТРОЕНИЕ

ПРОЕКТНОГО ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА

Проектирование скважинного водозабора начинают с построения проектного геолого-технического разреза. В приложении А приведен пример такого разреза. В графе 1 откладывается вертикальный масштаб, в графе 2 – наименование породы. В графе 3 указывают мощность (толщину) пласта, в графе 4 – глубину подошвы – расстояние от поверхности земли до подошвы (основания) пласта, в графе 5 – абсолютные отметки подошв каждого пласта. Графа 6 геологического разреза заполняется с учетом условных обозначений, приведенных на рисунке 1. В графах 7–9 приводятся отметки статических уровней воды водоносных пластов. Для того, чтобы найти отметку статического уровня, необходимо к абсолютной отметке кровли (верха) водоносного пласта (или подошвы предыдущего пласта, что одно и то же) прибавить статический напор пласта. Графы 10–11 заполняются в процессе конструирования скважины.

Рисунок 1 – Условные обозначения пород:

1 – растительный слой; 2 – песок; 3 – глина четвертичная; 4 – суглинок; 5 – суглинок лессовидный; 6 – супесь; 7 – гравий; 8 – конгломерат; 9 – известняк; 10 – брекчия; 11 – песчаник; 12 – мел



3 ВЫБОР ВОДОНОСНОГО ПЛАСТА

При выборе эксплуатационного водоносного пласта необходимо оценить два условия:

- сравнить показатели качества воды каждого водоносного пласта с нормативными требованиями;
- определить максимально возможный дебит каждого пласта.

Требования к качеству воды приведены в таблице 8. После сравнения показателей для каждого водоносного пласта делается вывод о необходимости очистки воды. Максимально возможный дебит каждого пласта

$$q_{\max} = q_0 S_{\max}, \quad (1)$$

где S_{\max} – максимальное понижение уровня воды в скважине при откачке, м.

Таблица 8 – Требования к качеству питьевой воды

Показатели	Единицы измерения	Нормативы (предельно допустимые концентрации (ПДК), не более
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000
Жесткость общая	ммоль/л	7,0
Запах	Баллы	2
Привкус	Баллы	2
Цветность	Градусы	20
Мутность	ЕМФ (единицы мутности по формазину) или мг/л (по коалину)	2,6 1,5
Кишечные палочки	Количество палочек в 1 литре	3
<i>Примечание – 1 ммоль/л = ½ мг-экв/л.</i>		

В первом приближении величина максимального понижения уровня воды принимается равной

$$S_{\max} = (0,25 \dots 0,4) H_c, \quad (2)$$

где H_c – статический напор водоносного пласта, м.

Для каждого водоносного пласта делается вывод о величине дебита и возможности обеспечить водопотребление объекта водоснабжения.

Составляется общее заключение о возможности эксплуатации каждого из обследованных пластов и производится выбор эксплуатационного пласта. Если по предварительным данным такой выбор сделать невозможно, рассматриваются различные возможные варианты скважинного водозабора, производится технико-экономическое сравнение этих вариантов и делается окончательный выбор эксплуатационного пласта.

При других равных условиях наиболее подходящим для эксплуатации является водоносный пласт, который содержит воду наилучшего качества, имеет большой удельный дебит и расположен ближе других к поверхности земли.

4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ ВЕЛИЧИНЫ ОТБОРА ВОДЫ ИЗ СКВАЖИНЫ

При определении допустимой величины понижения уровня воды в скважине ориентировочно принимают:

– для напорных пластов $S_{\text{доп}} \leq 0,75H$ (H – полный напор воды в скважине, то есть разность между статическим уровнем воды в скважине и подошвой водоносного пласта, м);

– безнапорных – $S_{\text{доп}} \leq 0,5H$.

При этом S_{max} должно быть меньше $S_{\text{доп}}$.

Допустимая производительность скважины, м³/ч,

$$Q_{\text{доп}} = q_0 S_{\text{доп}}. \quad (3)$$

Далее необходимо перевести часовую допустимую производительность скважины в суточную в зависимости от числа часов работы водозабора в сутки.

5 РЕШЕНИЕ ВОПРОСА О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОДИНОЧНОЙ СКВАЖИНЫ

Вопрос возможности применения одиночной скважины решается сопоставлением среднесуточной производительности водозабора $Q_{\text{ср.сут}}$, максимального притока воды к скважине (допустимой величины отбора воды из скважины) $Q_{\text{доп}}$ и пропускной способности фильтра $Q_{\text{ф}}$.

Если одновременно при круглосуточной работе скважины выполняются условия

$$\begin{cases} Q_{\text{ср.сут}} < Q_{\text{доп}}, \\ Q_{\text{ср.сут}} < Q_{\text{ф}}, \end{cases} \quad (4)$$

$$\quad (5)$$

то принимают водозабор в виде одиночной скважины.

Пока нет данных о пропускной способности фильтра, оценивают только первое условие.

Кроме того, если при расчете получено большое значение понижения уровня, то принимают групповой водозабор.

6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА СКВАЖИН

Если принят групповой водозабор, рассчитывается количество скважин. Количество проектируемых рабочих эксплуатационных скважин определяется из условия обеспечения суточной водопотребности объекта водоснабжения:

$$n_{\text{раб}} = \frac{Q_{\text{ср.сут}}}{T q_0 S_{\text{max}}}. \quad (6)$$

Расчетное значение округляется до целого числа в большую сторону.
 Определяется фактическая глубина понижения уровня воды в скважине:

$$S_{\text{ф}} = \frac{Q_{\text{ср. сут.}}}{Tq_0 n_{\text{раб}}} \quad (7)$$

При этом $S_{\text{ф}}$ должно быть меньше $S_{\text{доп}}$. Если $S_{\text{ф}}$ больше $S_{\text{доп}}$, то принимают $S_{\text{ф}} = S_{\text{доп}}$, и пересчитывают число рабочих скважин.

Рассчитывается фактическая производительность одной скважины

$$Q_{\text{скв}} = \frac{Q_{\text{ср. сут.}}}{n_{\text{раб}}} \quad (8)$$

Кроме рабочих, в состав скважинного оборудования водозабора должны входить резервные скважины (таблица 9).

Таблица 9 – Резервность скважин

Количество рабочих скважин	Количество резервных скважин на водозаборе категории		
	I	II	III
От 1 до 4	1	1	1
“ 5 “ 12	2	1	–
13 и более	20 %	10 %	–

Общее количество скважин

$$n = n_{\text{раб}} + n_{\text{рез}} \quad (9)$$

7 ВЫБОР НАСОСНОГО АГРЕГАТА

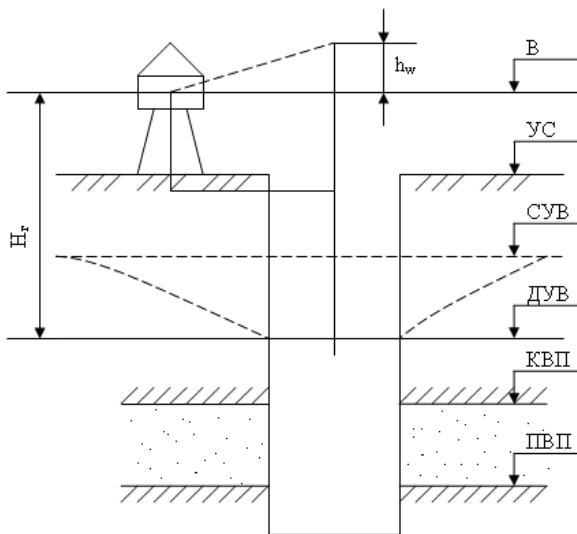
В большинстве случаев артезианские скважины оборудуют погруженным электронасосом, опускаемым под динамический уровень воды. Для выбора марки насоса определяется его подача и полный напор.

Подача скважинного насоса, м³/ч,

$$Q_{\text{н}} = \frac{Q_{\text{ср. сут.}}}{Tn_{\text{раб}}} \quad (10)$$

Для определения полного напора насоса составляется расчетная схема водоподъемника (рисунки 2, 3).

Рисунок 2 – Расчетная схема водоподъемника:
 УС – отметка устья скважины; СУВ – статический уровень воды; ДУВ – динамический уровень воды; КВП – отметка кровли водоносного пласта; ПВП – отметка подошвы водоносного пласта



Полный напор насоса, м,

$$H_n = B - BH + h_w, \quad (11)$$

где B – отметка, на которую необходимо подать воду из скважины (принимается из исходных данных), м;

BH – отметка верха насоса, который располагается на глубине не менее 2 м под динамическим уровнем воды, м;

h_w – потери напора в водоподъемной трубе, м. Величина h_w определяется на основе гидравлического расчета. Для приближенного расчета рекомендуется принимать $h_w = 2 \dots 4$ м.

Пример расчета.

Отметку кровли водоносного пласта определим по формуле

$$Z_{кр} = Z_{уст} - \sum m_i, \quad (12)$$

где $Z_{уст}$ – отметка устья скважины, $Z_{уст} = 207,1$ м;

$\sum m_i$ – сумма мощностей всех пластов, лежащих выше водоносного, м.

Сумму мощностей всех пластов, лежащих выше водоносного, найдем, используя данные геологического разреза:

$$\sum m_i = 7 + 12 + 8 + 13 = 40 \text{ м};$$

$$Z_{кр} = 207,1 - 40 = 167,1 \text{ м}.$$

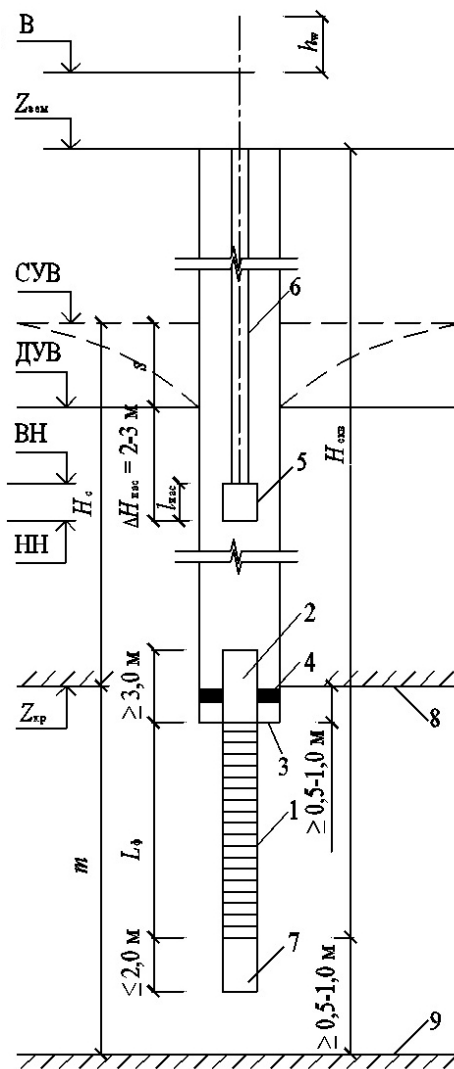


Рисунок 3 – Схема установки насоса:
 1 – фильтр; 2 – надфильтровая труба;
 3 – башмак обсадной колонны;
 4 – сальник; 5 – насос; 6 – водоподъемная
 труба; 7 – отстойник; 8 – кровля водоносного
 пласта; 9 – подошва водоносного пласта

Отметка статического уровня
 воды в скважине рассчитывается
 по формуле

$$\text{СУВ} = Z_{\text{кр}} + H_c; \quad (13)$$

$$\text{СУВ} = 167,1 + 10 = 177,1 \text{ м.}$$

Отметка динамического уровня
 воды определяется по формуле

$$\text{ДУВ} = \text{СУВ} - S_{\text{ф}}; \quad (14)$$

$$\text{ДУВ} = 177,1 - 1,7 = 175,4 \text{ м.}$$

Отметка низа насоса

$$\text{НН} = \text{ДУВ} - \Delta H_{\text{нас}}; \quad (15)$$

где $\Delta H_{\text{нас}}$ – глубина погружения
 насоса под динамический
 уровень, м.

$$\text{НН} = 175,4 - 3 = 172,4 \text{ м.}$$

Отметка верха насоса при дли-
 не агрегата $l_{\text{нас}} \sim 1,5 \text{ м}$

$$\text{ВН} = \text{НН} + l_{\text{нас}}; \quad (16)$$

$$\text{ВН} = 172,4 + 1,5 = 173,9 \text{ м.}$$

Длина насоса зависит от произ-
 водительности и колеблется от 1 до
 2 м.

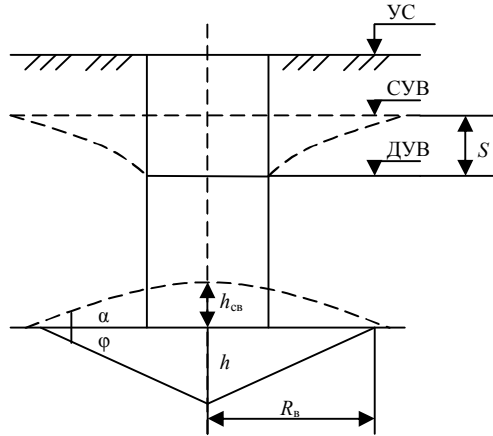
$$H_n = 250,3 - 173,9 + 3 = 79,4 \text{ м.}$$

По значениям H_n и Q_n из та-
 блицы 1 [11], принимается марка
 погружного центробежного насоса.

8 РАСЧЕТ ВОДОПРИЕМНОЙ ЧАСТИ СКВАЖИНЫ

Расчет бесфильтровой скважины. Расчетная схема водоприемной воронки приведена на рисунке 4.

Рисунок 4 – Схема водоприемной воронки:
 h – глубина водоприемной воронки; R_B – радиус водоприемной воронки; φ – угол естественного откоса водоносного песка; $h_{св}$ – высота свода обрушения; α – угол внутреннего трения грунта кровли



Определяется требуемый радиус водоприемной воронки, м:

$$R = \sqrt{\frac{Q_{скв}}{\pi v_0 \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}}}, (17)$$

где $Q_{скв}$ – производительность скважины, м³/сут;

v_0 – допустимая скорость фильтрации на границе выхода грунтового потока в воронку, м/сут;

φ – угол естественного откоса песка под водой.

$$v_0 = K_\varphi \eta_1 \eta_2 (1 - \rho), (18)$$

где K_φ – коэффициент фильтрации водоносного грунта, м/сут;

η_1 – коэффициент запаса ($\eta_1 = 0,7 \dots 0,8$);

η_2 – коэффициент уменьшения допускаемых уклонов. Он зависит от угла естественного откоса. Для $\varphi = 25^\circ$ $\eta_2 = 0,84$;

ρ – пористость водоносного песка, в долях (принимают $\rho = 0,38$).

Рассчитывается высота водоприемной воронки, м:

$$h = R \cdot \operatorname{tg} \varphi. (19)$$

Находится высота свода обрушения, м, по формуле

$$h_{св} = \frac{R}{\operatorname{tg}\alpha}, \quad (20)$$

где α – угол внутреннего трения глинистого грунта кровли; $\operatorname{tg}\alpha=0,78$.

Определяется допустимый радиус водоприемной воронки из условия необрушения кровли:

$$R_{\text{доп}} \leq \frac{\gamma(H_c - S_\phi) \cdot \operatorname{tg}\alpha}{(1 - P_{\text{кр}})\gamma_{\text{кр}} + \gamma P_{\text{кр}}}, \quad (21)$$

где $P_{\text{кр}}$ – пористость породы кровли (в долях). Принимают $P_{\text{кр}}=0,2$;

$\gamma_{\text{кр}}$ – удельная плотность породы кровли, т/м^3 , $\gamma_{\text{кр}}=2,73\dots 2,92$;

γ – удельная масса породы ($\gamma=1 \text{ т/м}^3$).

Сравнивается $R_{\text{доп}}$ с R :

– если $R_{\text{доп}} < R$, то расчет закончен: скважина удовлетворяет требованиям устойчивости кровли;

– если $R_{\text{доп}} > R$, то к расчету принимается радиус $R_{\text{доп}}$, и для него окончательно находится h .

Расчет фильтров водозаборных скважин. Длина фильтра определяется в зависимости от производительности скважин, изменения водопроницаемости пород и гидрохимических условий.

Теоретически в однородных пластах величина гидравлических потерь в фильтре растет до определенных пределов, и при некоторых соотношениях размеров фильтра (его диаметра, длины, скважности) гидравлические потери и приток к скважине должны оставаться постоянными.

Тем не менее, в реальных условиях, учитывая неоднородность водоносного горизонта и возможность интенсивного химического зарастания фильтров, следует увеличивать длину и размеры отверстий фильтров. При этом в первую очередь фильтры должны устанавливаться в наиболее водопроницаемых зонах водоносного горизонта.

В безнапорных водоносных горизонтах длина фильтра определяется с учетом понижения динамического уровня в скважине. В этом случае мощность

$$m \approx h_c - \frac{S_0}{2}, \quad (22)$$

где h_c – первоначальная мощность безнапорного горизонта, м;

S_0 – проектное понижение уровня в скважине, м.

При выборе типа фильтра для оборудования скважины необходимо исходить из применения конструкции, коэффициент водопроницаемости которой равен или превышает коэффициент водопроницаемости водоносных

пород или гравийных обсыпок, контактирующих с фильтром. Наиболее предпочтительно использование фильтров-каркасов. Коэффициент водопроницаемости каркасно-стержневых фильтров изменяется от 1,5 до 2,15 см/с, проволочных конструкций на трубчатом каркасе – от 0,42 до 1,8 см/с, фильтра с водопримной поверхностью из штампованного листа – от 0,23 до 0,52, сетчатых фильтров с сеткой галунного плетения – от 0,08 до 0,37.

Фильтрационные характеристики существенно ухудшаются в блочных конструкциях и при усложнении водопримной поверхности. Величина коэффициента водопроницаемости новых модификации рекомендованных фильтров устанавливается индикаторным методом.

Размер проходных отверстий фильтра назначают с учетом гранулометрического состава пород, слагающих водоносный горизонт, и размера частиц гравийной обсыпки. Для подбора размера отверстий фильтров рекомендуются эмпирические соотношения, приведенные в таблице 10.

Таблица 10 – Рекомендуемые размеры отверстий фильтров

Фильтр	Рекомендуемые размеры отверстий фильтров в породах	
	однородных $K_H = \frac{d_{60}}{d_{10}} \leq 2$	неоднородных $K_H = \frac{d_{60}}{d_{10}} > 2$
С круглой перфорацией	$(2,5-3) d_{50}$	$(3-4) d_{50}$
Сетчатый	$(1,5-2) d_{50}$	$(2-2,5) d_{50}$
Со щелевой перфорацией	$(1,25-1) d_{50}$	$(1,5-2) d_{50}$
Проволочный	$1,25 d_{50}$	$1,5 d_{50}$

Расчет трубчатого фильтра с круглой перфорацией. Расчетная схема звена трубчатого фильтра приведена на рисунке 5.

Определяется минимальный допустимый наружный диаметр фильтра, м, по формуле

$$D_{\text{ф min}}^{\text{нар}} = \frac{Q_{\text{скв}}}{\pi L_{\text{раб}} v_0 \rho}, \quad (23)$$

где $Q_{\text{скв}}$ – производительность скважины, м³/ч;

$L_{\text{раб}}$ – длина рабочей части фильтра, м;

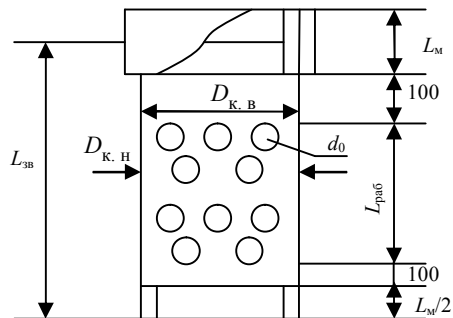


Рисунок 5 – Схема звена трубчатого фильтра

ρ – пористость фильтра (принимается для трубчатых фильтров в пределах 0,25–0,30);

v_0 – допустимая выходная скорость фильтрации, м/ч,

$$v_0 = \frac{65\sqrt[3]{K_\phi}}{24}. \quad (24)$$

После определения минимально допустимого наружного диаметра фильтра, учитывая, что этот фильтр изготавливается из обсадных труб по ГОСТу 632–80, подбирают конструктивный наружный диаметр фильтра $D_{к.п.}$, пользуясь данными, приведенными в таблице 11.

Таблица 11 – Трубы обсадные цельнотянутые и муфты к ним (по ГОСТ 632-80)

Условный диаметр трубы, мм	Наружный диаметр трубы, мм	Толщина стенки трубы, мм	Внутренний диаметр трубы, мм	Наружный диаметр муфты, м	Длина муфты, мм
114	114,3	6,4	101,5	127,0	158
127	127,0	7,5	112,0	141,3	165
140	139,7	7,7	124,3	153,7	171
146	146,1	8,5	129,1	166,0	177
168	168,3	8,9	150,5	187,7	181
178	177,8	9,2	159,4	194,5	184
194	193,7	9,5	174,7	215,9	190
219	219,1	10,2	198,7	244,5	196
245	244,5	10,0	224,5	269,9	196
273	273,1	10,2	252,7	298,5	203
299	298,5	11,1	276,3	323,9	203
324	323,9	11,0	301,9	351,0	203
340	339,7	10,9	317,9	365,1	203
351	351,0	11,0	329,0	376,0	229
377	377,0	11,0	355,0	402,0	229
406	406,4	11,1	384,2	431,8	228
426	426,0	11,0	404,0	451,0	229
473	473,1	11,1	450,9	508,0	228
508	508,0	11,1	485,8	533,4	228

По пятидесятипроцентному диаметру частиц водоносного грунта определяется диаметр отверстий в фильтре:

$$D_0 = (2,5 \dots 4,0)d_{50}. \quad (25)$$

Если мощность пласта более 20 м, то фильтр должен состоять из нескольких звеньев. Длина одного звена должна быть в пределах $L_{зв}=5 \dots 10$ м. В этом случае общее количество звеньев

$$n_{зв} = \frac{L_{раб}}{L_{зв}}. \quad (26)$$

Полученное значение округляется до ближайшего большего числа и уточняется фактическая длина звена фильтра.

Определяется общее количество отверстий, которое необходимо разместить на боковой поверхности одного звена рабочей части трубчатого фильтра. Для этого определяется общая площадь боковой поверхности, м,

$$F_6 = D_{к. н.} \pi (L_{зв} - L_M - 0,2), \quad (27)$$

где L_M – длина муфты, м (принимается по таблице 11).

Находится площадь одного отверстия, м²:

$$F_0 = 0,785 D_0^2. \quad (28)$$

Рассчитывается общая площадь всех отверстий, размещаемых на боковой поверхности одного звена фильтра, м²:

$$F = \rho F_6. \quad (29)$$

Общее количество отверстий на одном звене фильтра, шт.,

$$n = \frac{F}{F_0}. \quad (30)$$

Для размещения отверстий на боковой поверхности фильтра определяют расстояние между осями рядов отверстий:

$$L = (1,4 \dots 1,7) D_0, \quad (31)$$

и расстояние между осями отверстий в каждом ряду

$$L_0 = (1,7 \dots 2,4) D_0. \quad (32)$$

Расчет сетчатого фильтра. Составляется расчетная схема одного звена фильтра (рисунок 6).

Сетчатый фильтр представляет собой каркас из обсадных труб с круглой перфорацией, обтянутый сеткой квадратного или галунного плетения. Минимальный допустимый наружный диаметр сетчатого фильтра определяется также, как и диаметр трубчатого фильтра. При этом пористость фильтра принимается $\rho = 1$.

Если величина минимального допустимого наружного диаметра фильтра получилась меньше 114мм, то конструктивный наружный диаметр фильтра принимается 114 мм. Если величина минимального допустимого наружного диаметра фильтра получилась больше 114мм, принимают конструктивный наружный диаметр фильтра из таблицы 11.

Определяется требуемый размер отверстия в сетке:

$$D_0 = (1,5 \dots 2,5) d_{50}. \quad (33)$$

Для фильтров с сеткой квадратного плетения подбирается номер сетки, и выписывается ее характеристика из таблицы 12. Для фильтров с сеткой галунного плетения подбирается номер сетки, и выписываются ее характеристики из таблицы 13.

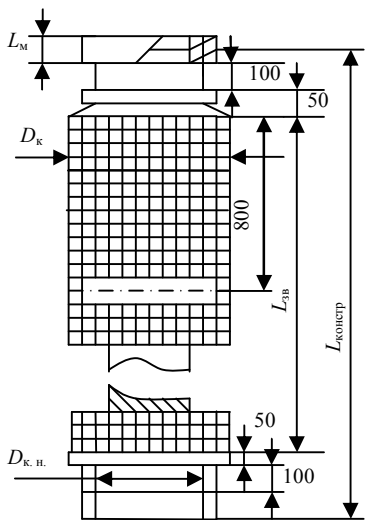


Рисунок 6 – Схема звена сетчатого фильтра

Таблица 12 – Сетка проволочная тканая с квадратными ячейками

Номер сетки	Диаметр проволоки, мм	Размер стороны ячейки в свету, мм	Масса 1м ² латунной сетки, кг
2,60	0,50	2,60	1,14
2,50	0,50	2,50	1,18
2,00	0,50	2,00	1,41
1,60	0,45	1,60	1,39
1,25	0,40	1,25	1,33
1,00	0,35	1,00	1,23
0,90	0,35	0,90	1,38
0,80	0,30	0,80	1,20
0,70	0,30	0,70	1,27
0,63	0,25	0,63	1,00
0,60	0,25	0,60	1,04
0,56	0,23	0,56	0,97
0,50	0,22	0,45	0,72
0,45	0,18	0,45	0,72
0,42	0,15	0,42	0,55
0,40	0,15	0,40	0,58

Таблица 13 – Основные данные сеток галунного плетения

Номер сетки	Диаметр проволоки		Размер ячейки, мм	Материал	Масса 1м ² , кг
	основы	утка			
6/70	0,70	0,40	0,34	Латунь	3,79
7/70	0,60	0,40	0,34	Л-68	3,68
8/55	0,60	0,50	–	Л-68	4,46
8/70	0,60	0,40	–	Л-80	4,83
8/80	0,50	0,35	0,32	Л-80	3,30
10/70	0,50	0,40	0,32	Л-80	3,74

Окончание таблицы 13

Номер сетки	Диаметр проволоки		Размер ячейки, мм	Материал	Масса 1 м ² , кг
	основы	утка			
10/80	0,50	0,33	–	Л-80	3,05
10/90	0,45	0,30	0,27	Л-80	2,75
10/100	0,45	0,30	–	Л-80	2,68
12/90	0,45	0,30	0,27	Л-80	2,86
14/90	0,45	0,30	–	Л-80	3,10
14/100	0,45	0,28	0,23	Л-80	3,04
16/100	0,40	0,25	0,23	Л-80	2,82
18/130	0,32	0,22	0,17	Л-80	2,30
20/160	0,28	0,18	0,14	Л-80	2,00

Определяется конструктивный диаметр сетчатого фильтра, мм:

$$D_k = D_{к.н.} + 2t_c + 2t_{п} + 2t_{ст}, \quad (34)$$

где t_c – толщина сетки, мм;

$t_{п}$ – толщина подмотки под сетку, которая выполняется из проволоки диаметром 2–3 мм;

$t_{ст}$ – толщина стержней, навариваемых вдоль каркаса фильтра. Каждый стержень имеет диаметр 3–4 мм.

Толщина сетки квадратного плетения, мм,

$$t_c = 3d_{пр}, \quad (35)$$

где $d_{пр}$ – диаметр проволоки, мм.

Толщина сетки галунного плетения, мм,

$$t_c = 2d_y + d_o, \quad (36)$$

где d_y – диаметр проволоки утка, мм;

d_o – диаметр проволоки основы, мм.

Расчет гравийного фильтра. Диаметр частиц обсыпки гравийных фильтров определяют по формуле

$$D_{50} = (8 \dots 12)d_{50}, \quad (37)$$

где D_{50} – размер, меньше которого в гравийной обсыпке содержится 50 % частиц по массе, мм;

d_{50} – размер, меньше которого в водоносном пласте содержится 50 % частиц по массе, мм.

При устройстве многослойных фильтров диаметры частиц гравийной обсыпки подбирают по соотношению

$$(D_{50})_2 / (D_{50})_1 = 4 \dots 6, \quad (38)$$

где $(D_{50})_1$ и $(D_{50})_2$ – средние диаметры частиц соседних слоев гравийной обсыпки, мм.

Диаметр частиц гравия блочных фильтров из пористого бетона и пористой керамики определяют по формуле

$$D_{cp} = (10 \dots 16) d_{cp}, \quad (39)$$

где D_{cp} – средний диаметр частиц гравия в блоке фильтра, мм.

Одной из разновидностей гравийных фильтров является цементированный гравийный фильтр СГФ. Составляется схема одного звена СГФ (рисунок 7). Этот фильтр представляет собой каркас из обсадных труб с круглой перфорацией, вокруг которого устраивается цементированный слой гравия.

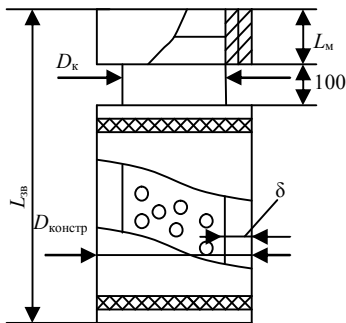


Рисунок 7 – Схема звена гравийного фильтра

Минимальный допустимый наружный диаметр гравийного фильтра определяется так же, как и трубчатого фильтра. При этом пористость фильтра принимается $\rho=1$.

Определяется толщина цементированного слоя фильтра, см:

$$\delta = \frac{0,5D_{50}}{10} + 1, \quad (40)$$

где D_{50} – пятидесятипроцентный диаметр зерен гравия, мм,

$$D_{50} = A d_{50}; \quad (41)$$

A – коэффициент перехода, учитывающий состав водоносного песка (принимается в пределах $A = 8 \dots 12$).

Наружный диаметр каркаса гравийного фильтра, мм, находится по формуле

$$D_k = D_{\phi \min} - 2\delta. \quad (42)$$

Если величина D_k получилась менее 114 мм, окончательно принимают диаметр каркаса $D_k = 114$ мм. Если величина D_k получилась более 114 мм, принимают D_k из таблицы 11.

Рассчитывается конструктивный диаметр гравийного фильтра, мм:

$$D_{\text{констр}} = D_k + 2\delta. \quad (43)$$

Количество и размеры звеньев гравийного фильтра определяются так же, как для трубчатого фильтра.

9РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИНЫ УДАРНО-КАНАТНОГО БУРЕНИЯ

При ударно-канатном бурении количество обсадных колонн определяется с учетом допустимой величины выхода каждой колонны ΔH . При принудительной посадке колонн в зависимости от их диаметра, характера пород и применяемого оборудования выход может колебаться от 15 до 40 м. Для однородных толщ пород выход колонны увеличивается, а при частом переслаивании пород различного литологического состава, особенно при чередовании рыхлых и связных пород, выход колонн резко уменьшается.

Общее количество колонн (включая направляющую) для ориентировочного расчета определяется по формуле

$$n = \frac{H_{\text{скв}}}{\Delta H}, \quad (44)$$

где $H_{\text{скв}}$ – глубина скважины (от поверхности земли до кровли водоносного пласта), м.

Составляется схема конструкции ствола скважины ударно-канатного бурения (рисунок 8).

Внутренняя колонна называется эксплуатационной, наружная – направляющей, промежуточные – техническими.

Внутренний диаметр эксплуатационной колонны обуславливается конструктивными диаметрами фильтра или водоподъемника (большим из них) и подбирается по таблице 11. По внутреннему диаметру из таблицы 11 подбирается диа-

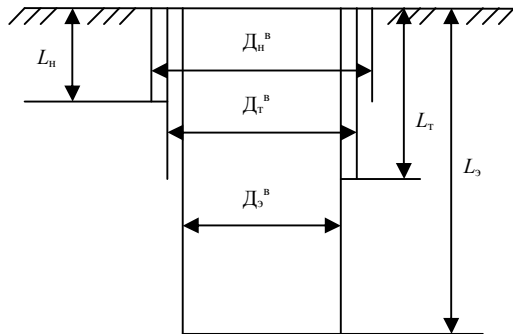


Рисунок 8 – Схема конструкции ствола скважины ударно-канатного бурения

метр эксплуатационной колонны. Длина эксплуатационной колонны принимается равной глубине скважины плюс 0,5–1 м.

Определяют размеры следующей колонны (технической или направляющей). Внутренний диаметр этой колонны должен быть больше (не менее чем на 20 мм) наружного диаметра предыдущей (эксплуатационной) колонны. Затем определяется по таблице 11 наружный диаметр колонны.

Ее длина должна быть меньше длины предыдущей колонны на величину ΔH .

Подбираются размеры остальных технических и направляющих колонн. Длина направляющей колонны может приниматься до 20 м.

Конструкция скважины ударно-канатного бурения вычерчивается в вертикальном масштабе на проектном геолого-техническом разрезе.

Длина колонны одного диаметра должна быть при ударно-канатном способе не более 100 м, а при роторном бурении – до 400–500 м, но не менее 3 м.

10 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СКВАЖИНЫ РОТОРНОГО БУРЕНИЯ

При роторном бурении ствол скважины обычно состоит из двух обсадных колонн труб – эксплуатационной и кондуктора. Пространство между колоннами и стенками скважины цементируется.

Если глубина скважины превышает 120 м, устраивается одна промежуточная (техническая) колонна. Составляется схема конструкции скважины роторного бурения (рисунок 8).

Диаметры и длина эксплуатационной колонны принимаются так же, как и для ударно-канатного бурения. Кроме того, по таблице 11 для каждой колонны определяется диаметр муфты.

Внутренний диаметр следующей колонны (технической или направляющей) должен быть больше (не менее чем на 20 мм) диаметра *муфты* предыдущей колонны. Длина направляющей колонны может приниматься до 20 м.

Конструкция скважины роторного бурения вычерчивается в вертикальном масштабе на проектном геолого-техническом разрезе.

11 РАСПОЛОЖЕНИЕ СКВАЖИН

Проектируемые скважины следует располагать так, чтобы расстояние между ними было минимальным, учитывая их возможное взаимодействие. Величиной, определяющей допустимое расстояние между скважинами, является радиус их влияния R , м, который при отсутствии эксплуатационных и экспериментальных данных можно приближенно определить:

– для безнапорных вод – по формуле И.П. Кусакина

$$R = 1,95 S_{\phi} \sqrt{m K_{\phi}} ; (45)$$

– для напорных вод – по формуле В. Зихарда

$$R = 10S_{\phi} \sqrt{K_{\phi}} \quad (46)$$

При наличии сведений о гранулометрическом составе водоносного грунта и коэффициенте фильтрации радиус влияния для напорных вод рекомендуется принимать из таблицы 14.

Таблица 14 – Радиусы влияния скважин

Водоносная порода	Диаметр частиц, мм	Коэффициент фильтрации	Радиус влияния
Песок:			
тонкозернистый	0,05–0,10	0,1–5,0	25–50
мелкий	0,10–0,25	5,0–10,0	50–100
средней крупности	0,25–0,50	10,0–25,0	100–300
крупный	0,50–1,00	25,0–75,0	300–400
гравелистый	1,00–2,00	75,0–100,0	400–500
Гравий:			
мелкий	2,00–3,00	75,0–100,0	400–600
средний	3,00–5,00	100,0–300,0	600–1500
крупный	5,00–10,00	200,0–300,0	1500–3000

Для курсового проекта с целью исключения взаимодействия скважин рекомендуется расстояние между ними, м, принимать

$$L = 2R \quad (47)$$

Кроме того, для исключения повторных расчетов отдельных скважин предлагается их располагать на одной горизонтали (рисунок 9).

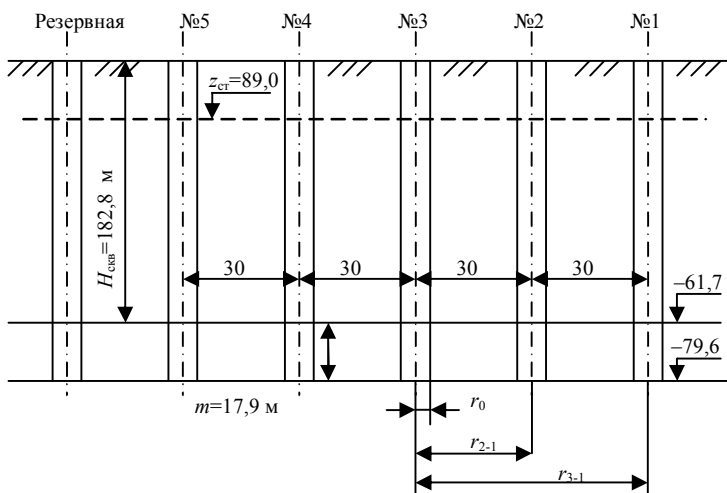


Рисунок 9 – Профиль по водозабору группы взаимодействующих скважин:

№ 1–5 – номера скважин (размеры – в м)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Журба, М.Г.** Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений / М. Г. Журба. – М. :Изд. АСВ, 2003. – 289 с.

2 **ТКП 45–4.01–30–2009.** Водозаборные сооружения. Строительные нормы проектирования. – Введ. 2009–11–01. – Минск : М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2009. – 32 с.

3 **ТКП 45–4.01–198–2010.** Водозаборные сооружения из поверхностных источников. Правила проектирования. – Введ. 2011–01–01. – Минск : М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2011. – 79 с.

4 **ТКП 45–4.01–199–2010.** Скважинные водозаборы. Правила проектирования. – Введ. 2011–01–01. – Минск : М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2011. – 38 с.

5 **Тугай, А. М.** Водоснабжение из подземных источников:справ. / А. М. Тугай. – К. : Урожай, 1990. – 264 с.

6 **Гуринович, А. Д.** Питьевое водоснабжение из подземных источников / А. Д. Гуринович. – Минск : Технопринт, 2001. – 305 с.

7 **Старинский, В. П.** Водозаборные и очистные сооружения коммунальных водопроводов: учеб. пособие / В. П. Старинский. – Минск : Выш. шк., 1989. – 269 с.

8 **Чудновский, С. М.** Проектирование, строительство и эксплуатация водозаборных скважин: учеб. пособие / С. М. Чудновский, А. В. Зенков. – Вологда: ВОГТУ, 2008. –135 с.

9 **Курганов, А. М.** Водозаборы подземных вод: учеб. пособие /А. М. Курганов, Е. Э. Вуглинская. –СПб. : СПбГАСУ, 2009. – 80 с.

10 **Гуринович, А.Д.** Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Водозаборные сооружения» / А. Д. Гуринович. –Брест: УО «БрГТУ», 2004. – 55 с.

11 **Грузинова. В. Л.** Водозаборы из подземных источников : учеб.-метод. пособие / В. Л. – Гомель : БелГУТ, 2016. – 26 с.

Учебное издание

ГРУЗИНОВА Валерия Леонидовна

РАСЧЕТ АРТЕЗИАНСКОЙ СКВАЖИНЫ

Учебно-методическое пособие

Редактор **И. И. Э в е н т о в**

Технический редактор **В. Н. К у ч е р о в а**

Подписано в печать 15.01.2016 г. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,70. Тираж 100 экз.
Зак. № . Изд. № 95.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский государственный университет транспорта.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий

№1/361 от 13.06.2014.

№2/104 от 01.04.2014.

Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель