

Министерство сельского хозяйства РФ

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

Институт энергетики и природопользования

Кафедра природообустройства и водопользования

Зверева Л.А.

ВОДООТВЕДЕНИЕ СТОЧНЫХ ВОД

(водоотводящая сеть и сооружения)

Учебно-методическое пособие
для выполнения практических работ
студентами направления подготовки
20.03.02 Природообустройство и водопользование



Брянская область 2021

УДК 628.3:574(076)

ББК 20.18

3 43

Зверева, Л. А. Водоотведение сточных вод: учебно-методическое пособие для выполнения практических работ студентами направления подготовки 20.03.02 Природообустройство и водопользование / Л. А. Зверева. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. – 66 с.

Целью изучения дисциплины "Водоотведение и очистка сточных вод" является приобретение студентами знаний по водоотведению и очистке сточных вод.

Рецензенты: Широбокова О.Е. – канд. техн. наук.

Рекомендовано методической комиссией факультета энергетики и природообустройства Брянского ГАУ, протокол № 9 от 28.06.2021 года.

© Брянский ГАУ, 2021

© Зверева Л.А., 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение	4
2. Содержание курса	5
3. Литература	6
4. Вопросы для зачета.....	7
5. Практическая работа 1 Расчет водоотводящих сетей.....	9
6. Практическая работа 2. Определение расходов сточных вод от промышленных предприятий.....	13
7. Практическая работа 3. Расчет дождевой водоотводящей сети	20
8. Практическая работа 4. Гидравлический расчет водоотводящей сети.....	23
9. Практическая работа 5. Расчет перепада.....	31
10. Практическая работа 6. Расчет Канализационной насосной станции (КНС).....	39
11. Практическая работа 7. Проектирование высотной схемы канализационных сетей.....	47
12. Практическая работа 8. Проектирование Дюкера.....	49
13. Практическая работа 9. Проектирование разделительной камеры.....	54
14. Тесты	58

Введение

Системой водоотведения населенного пункта называется комплекс инженерных сооружений, предназначенных для сбора, удаления и очистки сточных вод, образующихся в результате жизнедеятельности людей и на промышленных предприятиях.

Отрасль жилищно-коммунального хозяйства, включающая в своем составе систему водоотведения, должна решать вопросы обеспечения и постоянного улучшения санитарного состояния городов и населенных пунктов, охрану окружающей среды.

Учитывая высокие требования к степени благоустройства малых населенных пунктов с одной стороны и удаленность от централизованных систем водоотведения с другой, диктуют необходимость устройства в них своих собственных систем отведения и очистки сточных вод.

Целью изучения дисциплины "Водоотведение и очистка сточных вод" является приобретение студентами знаний по водоотведению и очистке сточных вод.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть:

1. Способностью предусмотреть меры по сохранению и защите экосистемы в ходе своей общественной и профессиональной деятельности.
2. Способностью использовать методы выбора структуры и параметров систем водоотведения и очистки сточных вод.
3. Способностью принимать профессиональные решения при строительстве и эксплуатации объектов водоотведения и очистки сточных вод.
4. Способностью использовать методы проектирования инженерных сооружений, их конструктивных элементов систем водоотведения и очистки сточных вод.

Процесс принятия решений существенно облегчается при выполнении заданий по определенной тематике, представленных в данном методическом пособии.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

ОПК -1: способностью предусмотреть меры по сохранению и защите экосистемы в ходе своей общественной и профессиональной деятельности

ПК-1. способностью принимать профессиональные решения при строительстве и эксплуатации объектов природообустройства и водопользования.

ПК-12: способностью использовать методы выбора структуры и параметров систем природообустройства и водопользования.

ПК-13: способностью использовать методы проектирования инженерных сооружений.

Содержание курса

1. Схемы и системы водоотведения. Водоотводящие трубы и каналы, типы их, гидравлические характеристики, особенности и условия применения.
2. Основные характеристики потока сточной жидкости, фактический и расчетный режимы движения сточных вод в водоотводящих сетях.
3. Проектирование систем водоотведения. Гидравлический расчёт водоотводящей сети.
4. Устройство водоотводящих сетей: Канализационные трубы, коллекторы, каналы и требования к ним. Современные конструкции, материалы и стандарты. Условия применения. Способы и средства соединения.
5. Сооружения на водоотводящей сети. Канализационные колодцы. Соединительные камеры. Основные сведения о конструкциях, выборе места расположения. Общие требования по строительству и эксплуатации канализационных сетей.
6. Дюкеры, эстакады, переходы и другие сооружения на сети при пересечении с естественными препятствиями, подземными и наземными сооружениями.
7. Водоотводящие сети атмосферных осадков. Формирование стока на городских территориях. Дождеприёмники. Ливнеспуски и разделительные камеры.
8. Перекачка сточных вод. Канализационные насосные станции Выбор места расположения. Основные типы и конструкции.
9. Приемно-регулирующие резервуары. Оборудование. Особенности режимов работы. Определение емкости приемного и аварийно-регулирующего резервуаров.
10. Системы водоотведения малонаселенных мест и отдельно расположенных объектов.

Рекомендуемая литература:

1. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Учебник для вузов: - М.: АСВ, 2006.
2. СНиП 2.04.03-85. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения/ Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 1986.
3. Ласков Ю.М., Воронов Ю.М., Калицун В.И. Примеры расчетов канализационных сооружений. М.: Стройиздат, 1987.
4. Справочник по очистке природных и сточных вод / Л.Л. Пааль, Я.Я. Кару, Х.А. Мельдер и др. М.: Высш. шк., 1994.
5. Канализация. Учебник для вузов. Авт.: С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, А.И. Жуков, С.К. Колобанов., М., Стройиздат, 1975. 632 с.
6. Кащенко О.В. Проектирование водоотводящих сетей населенного пункта [Электронный ресурс]: учебн. пособие / О.В. Кащенко, М.О. Жакевич, В.А. Земскова; Нижегор. гос. архитектур. - строит. ун-т. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2016. – 106 с.

Вопросы для зачета 2 семестра

1. Схема водоотведения и её элементы.
2. Системы водоотведения. Выбор систем водоотведения.
3. Правила конструирования водоотводящей сети.
4. Расчетные формулы, таблицы, графики и номограммы для расчета сетей водоотведения.
5. Измерение количества атмосферных осадков.
6. Продолжительность, интенсивность и повторяемость дождей.
7. Определение расчетного расхода дождевых вод.
8. Конструирование дождевой сети.
9. Гидравлический расчет дождевой сети.
10. Начертание дождевой сети в плане. Дождеприемники.
11. Определение расчетных расходов сточных вод от отдельных видов водопотребителей.
12. Расчетное население. Нормы водоотведения, коэффициенты неравномерности водоотведения.
13. Формы поперечных сечений труб и коллекторов.
14. Методика гидравлического расчета водоотводящей сети.
15. Составление продольного профиля коллектора.
16. Определение расчетных расходов сточных вод на участках сети.
17. Исходные данные для проектирования систем водоотведения.
18. Методика расчета дюкера.
19. Смотровые колодцы на водоотводящей сети.
20. Определение расчетных расходов от отдельных видов водопотребителей.
21. Составление продольного профиля коллектора.
22. Дюкеры, эстакады и переходы через реки, овраги и железные дороги.
23. Скорости, уклоны и наполнения, применяемые при расчете самотечных водоотводящих сетей.

24. Режим течения жидкостей в системах водоотведения. Гидравлические характеристики потока.
25. Высотное проектирование водоотводящей сети.
26. Расчетные формулы, таблицы, графики и номограммы для расчета сетей водоотведения.
27. Расположение водоотводящих сетей в поперечном профиле улиц.
28. Водоотводящие трубы и коллекторы.
29. Перепадные колодцы и их подбор.
30. Защита трубопроводов от агрессивного действия сточных и грунтовых вод.
31. Скорости, уклоны и наполнения, применяемые при расчете самотечных водоотводящих сетей.
32. Основы строительства водоотводящей сети
33. Глубина заложения водоотводящей сети.
34. Гидравлическое испытание трубопроводов.
35. Высотное проектирование водоотводящей сети.
36. Устройство водоотводящих сетей в особых условиях.
37. Эксплуатация водоотводящей сети. Техника безопасности.
38. Перекачка сточных вод.
39. Укладка труб и заделка стыков.

Практическая работа 1

Расчет водоотводящих сетей

По способу отведения сточных вод системы водоотведения делятся на:

- общесплавную,
- полную раздельную,
- неполную раздельную,
- полураздельную
- комбинированную.

Каждая из систем водоотведения имеет свои достоинства и недостатки. Выбор системы водоотведения для конкретных условий представляет собой достаточно сложную задачу, решение которой позволяет обеспечить высокое санитарное состояние обслуживаемого объекта и водоема при минимальных затратах на строительство и эксплуатацию. Ниже приводится сравнительная оценка различных систем водоотведения.

Общесплавная система водоотведения по стоимости строительства дешевле, чем полная раздельная система, так как имеет одну систему трубопроводов. Однако при строительстве требует больших единовременных затрат. Стоимость эксплуатации сети также меньше стоимости эксплуатации полной раздельной системы, это объясняется меньшей протяженностью сети и надежным самоочищением трубопроводов в период интенсивных дождей. Во время дождей в водоём сбрасывается смесь сточных вод, содержащая загрязнения хозяйственно-фекальных и производственных сточных вод. Поэтому применение общесплавной системы может быть целесообразным при наличии рядом рек с большими расходами воды, обладающих значительной самоочищающей способностью. Для общесплавной системы характерны большие колебания расходов, что приводит к усложнению эксплуатации насосных станций и очистных сооружений.

Полная раздельная система дороже, чем общесплавная, но единовременные затраты на строительство здесь могут быть меньше, так как возможно строительство в две очереди. В первую очередь строится сеть для отвода хозяйственно-фекальных и производственных сточных вод, во вторую очередь - дренажная сеть. Полная раздельная система водоотведения удовлетворяет санитарным требованиям, так как обеспечивает очистку всех загрязненных сточных вод, кроме дождевых. Система достаточно удобна в эксплуатации в связи с тем, что колебания расходов в этой системе меньше, чем в общесплавной.

Неполная раздельная система с экономической точки зрения самая дешёвая, также как и полная раздельная система удовлетворяет санитарным требованиям, удобна в эксплуатации, но свидетельствует о низком уровне благоустройства городов и, зачастую, является первой очередью строительства полной раздельной системы.

Полураздельная система водоотведения лишена ряда санитарных недостатков, присущих общесплавной и полной раздельной системам водоотведения. В полураздельной системе в водоём сбрасывается лишь наименее загрязнённая часть дождевых вод. В экономическом отношении это самая дорогая система.

Выбор системы водоотведения должен осуществляться на основании технико-экономического сравнения вариантов систем, равноценных в санитарном отношении

Задача 1. Требуется: Определить бытовые расходы сточных вод населенного пункта, м³/сут, м³/час, л/с.

Таблица 1 - Исходные данные

Данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Площадь квартала F _{кв} , га	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
2. Площадь участка выше f, га	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40

Для проектирования водоотводящей сети необходимо знать расходы сточных вод, поступающих от населения, по районам, а также в целом от населенного пункта.

Среднесуточный расход сточных вод $Q_{сут}$, м³/сут, определяется по формуле:

$$Q_{сут} = \frac{q_{ж} \cdot N}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут} \quad (1)$$

где $q_{ж}$ – удельное водоотведение, л/сут. на 1 чел; (приравнивается к норме водопотребления и принимается по СНиП 2.04.02 – 84), $q_{ж} = 200$ л/чел;

N - расчетное число жителей, чел.:

$$N=pF, \text{ чел} \quad (2)$$

где p – плотность населения, $p = 35$ чел. /га;

F – площадь кварталов, га.

Средний часовой расход $q_{\text{ср.ч}}$, м³/ч, в сутки среднего водоотведения рассчитывается по формуле:

$$q_{\text{ср.ч}} = \frac{Q_{\text{сут}}}{T}, \text{ м}^3/\text{час} \quad (3)$$

где T – время водоотведения, ч; для жилой застройки $T=24$ ч.

Средний секундный расход сточных вод $q_{\text{ср.с}}$, л/с, определяется по формуле:

$$q_{\text{ср.с}} = \frac{q_{\text{ср.ч}}}{3,6} \text{ м}^3/\text{с} \quad (4)$$

Максимально-секундный расход $q_{\text{max.с}}$, л/с:

$$q_{\text{max.с}} = qK_{\text{ген. max}} \text{ м}^3/\text{с} \quad (5)$$

где $K_{\text{нер. max}}$ - общий коэффициент максимальной неравномерности учитывает колебания расходов в течение суток, и принимается по СНиП 2.04.03-85* в зависимости от средне секундного расхода q , л/с, $K_{\text{нер. max}} = 1,524$.

Расчетные расходы сточных вод, л/с, на участках сети определяются по тяготеющим площадям (по модулю стока):

$$q_{\text{max}} = (q_{\text{non}} + q_{\text{бок}} + q_{\text{тр}}) \cdot K_{\text{ген. max}} + q_{\text{сос}} \quad (6)$$

где q_{non} – расход, поступающий на участок от тяготеющей площади (указан →), например, (см. рис. 1,В), $q_{\text{non}} = 0$;

$q_{\text{бок}}$ – расход, поступающий в начале участка от бокового присоединения: (см. рис. 1,В), $q_{\text{бок}} = 0$;

$q_{\text{тр}}$ – транзитный расход с выше расположенного участка, л/с.

$$q_{np} = q_0 f, \text{ л/с} \quad (7)$$

где q_0 – удельный расход (модуль стока), л/сек · га:

где q_{coc} – расход, поступающий с соседнего участка, $q_{non} = 0$;

$$q_0 = \frac{q_{ж} P}{24 \cdot 3600}, \quad (8)$$

f – площадь квартала, тяготеющая к расчетному участку, га.

Таблица 1.1. Удельное водоотведение хозяйственно-фекальных сточных вод

Степень благоустройства районов жилой застройки	Удельное водоотведение л/(сут.чел)
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией без ванн;	125-160
То же с ваннами и местными водонагревателями	160-230
То же с ваннами и централизованным горячим водоснабжением.	230-350.

Пример выполнения:

$$Q_{сут} = \frac{200 \cdot 3535}{1000} = 707 \text{ м}^3/\text{сут}$$

$$N = 35 \cdot 101 = 3535 \text{ чел}$$

$$q_{ср,ч} = \frac{707}{24} = 29,46 \text{ м}^3/\text{час}$$

$$q_{ср,с} = \frac{29,46}{3,6} = 8,18 \text{ л/с}$$

$$q_{\max,час} = 29,46 \cdot 1,524 = 44,9 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$q_{\max,с} = 8,18 \cdot 1,524 = 12,5 \text{ л/с}$$

$$q_0 = \frac{200 \cdot 35}{24 \cdot 3600} = 0,08 \text{ л/с}$$

$$q_{mp} = 0,08 \cdot 31 = 2,48 \text{ л/с}$$

$$q_{max} = (0 + 0 + 2,48) \cdot 1,524 + 0 = 3,78 \text{ л/с}$$

Суммарный максимальный секундный расход системы водоотведения

$$q_{max.c} = 12,5 + 3,78 = 16,3 \text{ л/с}$$

Практическая работа 2. Определение расходов сточных вод от промышленных предприятий

Таблица 1 - Исходные данные к практической работе 2

Показатели	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N ₁	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
N ₂	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
N ₃	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
N ₄	60	61	63	64	65	66	67	68	69	80
N ₅	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
N ₆	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N ₇	30	31	32	33	4	35	36	37	38	39
N ₈	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

На промышленных предприятиях нормы водоотведения принимаются отдельно для различных видов сточных вод, включая стоки от производственных процессов, хозяйственно-фекальные и стоки от душевых кабин.

Отведение производственных сточных вод определяется по нормам расходов воды и образования сточных вод на единицу выпускаемой продукции.

Коэффициенты часовой неравномерности (Kh) притока производственных сточных вод зависят от отрасли промышленности, вида выпускаемой продукции, характеристик технологического процесса.

Нормы водоотведения хозяйственно-фекальных стоков в производственных зданиях на 1 работающего в смену и коэффициенты неравномерности регламентируются в соответствии с разделением цехов на два вида по степени тепловыделения.

1. Расход воды на одну душевую сетку на промышленном предприятии

принимается 500 л при продолжительности пользования душем 45 мин. после окончания смены (т.е. $q_{п} = 500$ л/сет).

2. Количество душевых сеток надлежит принимать в зависимости от числа работающих, пользующихся душем в максимальную смену с учетом групп производственных процессов

Производственное предприятие - мясокомбинат

Санитарные характеристики производственных процессов:

3. Количество человек на 1 душевую сетку/ количество работающих человек;

а) не вызывающие загрязнение одежды и рук 15/100 чел;

б) вызывающие загрязнение одежды и рук 7/60чел;

в) с применением воды 5/30 чел

г) с выделением больших количеств пыли либо особо загрязняющих веществ 3/10чел

Расчетные расходы производственных сточных вод:

1) суточный, сменный и секундный расходы

$$Q_{сут} = q_{п}M, \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (1)$$

$$Q_{max.cm} = q_{п}M_{max} \cdot \text{м}^3/\text{см} \quad (2)$$

$$q_{max.s} = q_{п}M_{max} \cdot K_{п} / (t \cdot 3,6) \text{ л/с} \quad (3)$$

где: $q_{п}$ – норма водоотведения на единицу продукции: в1смену- = $15 \text{ м}^3/\text{т}$;

M и M_{max} -суточная производительность предприятия: - $M = 20 \text{ т/см}$; $M_{max} = 15 \text{ т/см}$

$K_{п}$ – коэффициент часовой неравномерности, $K_{п} = 2,3$;

t – продолжительность максимальной смены (технологического процесса), $t = 16$ ч.

Расходы бытовых сточных вод на промышленном предприятии:

1) Расчетные расходы: суточный, сменный и секундный в «холодных» и «горячих» цехах

$$Q_{\text{сут}} = (25N_1 + 45N_2)/1000, \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (4)$$

$$Q_{\text{max.cm}} = (25N_3 + 45N_4)/1000, \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (5)$$

$$q_{\text{max.s}} = (25N_3K_{\text{бг}} + 45N_4K_{\text{бг}})/t \cdot 3600, \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (6)$$

где: 25 и 45 – норма водоотведения в «холодных» и «горячих» цехах, в л на 1 работающего;

N_1 и N_2 – количество работающих в «холодных» и «горячих» цехах, чел;

N_3 и N_4 – количество работающих в «холодных» и «горячих» цехах в смену с максимальным числом работающих при удельном водоотведении 25 и 45 л/см, чел;

t – продолжительность максимальной смены, $t = 8$ ч

$K_{\text{бг}}$ и $K_{\text{х}}$ – коэффициенты коэффициент часовой неравномерности,

$K_{\text{бг}} = 2,5$; $K_{\text{х}} = 3$;

2) Расчетные расходы душевых вод с учетом их неравномерного образования в течение 45 мин продолжительности работы душа в последний час смены, мин.

1) суточный, сменный и секундный расходы

$$Q_{\text{сут}} = q_{\text{дс}} \cdot m_{\text{д}} \cdot 45 / 1000 \cdot 60 \text{ м}^3/\text{см} \quad (7)$$

$$Q_{\text{max.cm}} = (q_{\text{дс}} \cdot m_{\text{д}} \cdot 45 / 1000 \cdot 60) (N_{\text{см}} / N_{\text{max}}) \text{ м}^3/\text{см} \quad (8)$$

$$q_{\text{max.s}} = q_{\text{дс}} \cdot m_{\text{д}} / 3600 \text{ л/с} \quad (9)$$

где: $q_{\text{дс}}$ – расход на одну душевую сетку, $q_{\text{дс}} = 500$ л/ч;

$m_{\text{д}}$ - количество душевых сеток;

$N_{\text{см}}$ и N_{max} - количество рабочих, относящихся к различным группам производственных процессов, $N_{\text{см}} = N_1 + N_3$; $N_{\text{max}} = N_2 + N_4$;

$t_{\text{д}} \cdot$ – продолжительность работы душа в последний час смены, $t_{\text{д}} \cdot = 45$ мин.

Число душевых сеток

$$m_{\text{д}} = N_{\text{max}} t_{\text{п}} \cdot / t_{\text{д}} \cdot, \text{ шт} \quad (10)$$

где: $t_{\text{п}} \cdot$ - продолжительность водной процедуры одним пользующимся душем, $t_{\text{п}} \cdot = 9$ мин;

$t_{\text{д}} \cdot$ - продолжительность работы душа, $t_{\text{д}} \cdot = 45$ мин

3) Расходы душевых вод можно определить по формулам

$$Q_{\text{сут}} = (40N_5 + 60N_6)/1000, \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (11)$$

$$Q_{\text{max.cm}} = (40N_7 + 60N_8)/1000, \text{ м}^3/\text{см.} \quad (12)$$

$$q_{\text{max.s}} = (40N_7 + 60N_8)/(45 \cdot 60), \text{ л/с} \quad (13)$$

где: N_5 и N_7 - количество работающих в «холодных» и «горячих» цехах с удельной нормой 40 л/чел;

N_6 и N_8 - количество работающих в «горячих» цехах с удельной нормой 60 л/чел;

Таблица 2 - Расходы бытовых сточных вод на мясокомбинате

Расходы	1) Расчетные расходы при норме 24 и 45 л/чел	2) Расчетные расходы душевых в последний час смены	3) Расходы душевых при норме 40 и 60 л/чел	Общий бытовой
Суточный, м ³ /сут.				
Максимальный суточный, м ³ /сут.				
Секундный, л/с.				

Расходы сточных вод от больницы

Расчетные расходы от коммунальных предприятий и общественных зданий определяются путем умножения соответствующей нормы водоотведения на их пропускную способность:

суточный, часовой и секундный расходы

$$Q_{\text{сут}} = q_6 \cdot N_6 / 1000, \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (14)$$

$$Q_{\text{max.час}} = (q_6 \cdot N_6 K_6) / 1000, \text{ м}^3/\text{см.} \quad (15)$$

$$q_{\text{max.s}} = q_6 N_6 K_6 / t \cdot 3,6 = \text{ л/с} \quad (16)$$

где: q_6 – норма водоотведения на одного больного, $q_6 = 120$ л/сут;

N_6 – количество больных, $N_6 = 20$ чел;

K_6 – коэффициент часовой неравномерности, $K_6 = 1,5$;

t – продолжительность максимальной смены, $t = 24$ час.

Расходы сточных вод от детского сада и школы

суточный, часовой и секундный расходы

$$Q_{\text{сут}} = q_d \cdot N_d / 1000, \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (17)$$

$$Q_{\text{max.час}} = (q_d \cdot N_d \cdot K_d / t \cdot 1000, \text{ м}^3/\text{час.} \quad (18)$$

$$q_{\text{max.s}} = q_d \cdot N_d \cdot K_d / t \cdot 3,6 \text{ л/с} \quad (19)$$

где: q_d – норма водоотведения на одного ребенка, $q_d = 40$ л/сут;

N_d – количество детей, $N_d = 20$ чел;

K_d – коэффициенты коэффициент часовой неравномерности, $K_6 = 1,5$

t – продолжительность максимальной смены, $t = 10$ час.

Расходы сточных вод от школы

суточный, часовой и секундный расходы

$$Q_{\text{mid}} = q_{\text{ш}} \cdot N_{\text{ш}} / 1000, \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (20)$$

$$Q_{\text{max.cm}} = q_{\text{ш}} \cdot N_{\text{ш}} \cdot K_{\text{ш}} / 1000, \text{ м}^3/\text{час.} \quad (21)$$

$$q_{\text{max.s}} = q_{\text{ш}} \cdot N_{\text{ш}} \cdot K_{\text{ш}} / t \cdot 3,6 \text{ л/с} \quad (22)$$

где: $q_{\text{ш}}$ – норма водоотведения на одного школьника, $q_{\text{ш}} = 20$ л/сут;

N_d – количество детей, $N_d = 100$ чел;

K_d – коэффициенты коэффициент часовой неравномерности, $K_6 = 1,5$

t – продолжительность максимальной смены, $t = 8$ час.

Общий (суммарный) расход водоотведения

$$Q_{\text{сум}} = Q_{\text{п}} + Q_{\text{быт}} + Q_6 + Q_d + Q_{\text{г}} =$$

Таблица 2 - Расчетные расходы производственных и бытовых стоков

Расходы	Мясокомбинат		Общественные			Население города Q_{Γ}	Общий $Q_{\text{сум}}$
	производ. $Q_{\text{п}}$	бытовые $Q_{\text{быт}}$	больница $Q_{\text{б+}}$	детсад $Q_{\text{д}}$	школа $Q_{\text{ш}}$		
1. Суточный, м ³ /сут.							
2. Максимальный суточный, м ³ /сут.							
3. Секундный, л/с.							
4. Максимальный часовой, м ³ /час.							

2. Максимальный часовой мясокомбината:

Производственный $Q_{\text{макс.ч.п}} = Q_{\text{смакс.сут}}/16$, м³/час; бытовой $Q_{\text{макс.ч.б}} = Q_{\text{смакс.сут}}/2$, м³/час

Пример расчета:

$$Q_{\text{сут}} = 15 \cdot 15 = 225 \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (1)$$

$$Q_{\text{макс.см}} = 15 \cdot 20 = 300 \text{ м}^3/\text{см} \quad (2)$$

$$q_{\text{макс.с}} = 15 \cdot 20 \cdot 2,3 / (16 \cdot 3,6) = 12 \text{ л/с} \quad (3)$$

$$Q_{\text{сут}} = (25 \cdot 77 + 45 \cdot 68) / 1000 = 5 \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (4)$$

$$Q_{\text{макс.см}} = (25 \cdot 57 + 45 \cdot 47) / 1000 = 3,5 \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (5)$$

$$q_{\text{макс.с}} = (25 \cdot 77 \cdot 3 + 45 \cdot 68 \cdot 2,5) / (8 \cdot 3600) = 0,5 \text{ л/с.} \quad (6)$$

$$Q_{\text{сут}} = 500 \cdot 21 \cdot 45 / 1000 \cdot 60 = 7,9 \text{ м}^3/\text{см} \quad (7)$$

$$Q_{\text{макс.см}} = (500 \cdot 21 \cdot 45 / 1000 \cdot 60) \cdot (122 / 104) = 9,2 \text{ м}^3/\text{см} \quad (8)$$

$$N_{\text{см}} = N_1 + N_2 = 77 + 45 = 122 \text{ чел}$$

$$N_{\text{см макс}} = N_3 + N_4 = 57 + 47 = 104 \text{ чел}$$

$$q_{\text{макс.с}} = 500 \cdot 21 / 3600 = 2,9 \text{ л/с} \quad (9)$$

$$m_{\text{д}} = 104 \cdot 9 / 45 = 21 \text{ шт} \quad (10)$$

$$Q_{\text{сут}} = (40 \cdot 37 + 60 \cdot 22) / 1000 = 2,8 \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (11)$$

$$Q_{\text{макс.см}} = (40 \cdot 17 + 60 \cdot 12) / 1000 = 1,4 \text{ м}^3/\text{см.} \quad (12)$$

$$q_{\text{макс.с}} = (40 \cdot 37 + 60 \cdot 23) / (45 \cdot 60) = 47 \text{ л/с} \quad (13)$$

Таблица 2 - Расходы бытовых сточных вод на мясокомбинате

Расходы	1) Расчетные расходы при норме 24 и 45 л/чел	2) Расчетные расходы душевых в последний час смены	3) Расходы душевых при норме 40 и 60 л/чел	Общий бытовой
Суточный, м ³ /сут.	3,5	7,9	1,4	12,8
Максимальный суточный, м ³ /сут.	5	9,2	2,8	17
Секундный, л/с.	0,5	2,9	47	50,4

$$Q_{\text{сут}} = 120 \cdot 20 / 100 = 2,4 \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (14)$$

$$Q_{\text{мах.час}} = (120 \cdot 20 \cdot 1,5 / 24 \cdot 1000 = 0,15 \text{ м}^3/\text{час.} \quad (15)$$

$$q_{\text{мах.с}} = 120 \cdot 20 \cdot 1,5 / 24 \cdot 3,6 = 41,7 \text{ л/с} \quad (16)$$

$$Q_{\text{сут}} = 40 \cdot 30 / 100 = 1,2 \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (17)$$

$$Q_{\text{мах.час}} = 40 \cdot 30 \cdot 1,5 / 10 \cdot 1000 = 0,18 \text{ м}^3/\text{час.} \quad (18)$$

$$q_{\text{мах.с}} = 40 \cdot 30 \cdot 1,5 / 10 \cdot 3,6 = 50 \text{ л/с} \quad (19)$$

$$Q_{\text{сут}} = 20 \cdot 100 / 1000 = 2 \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (20)$$

$$Q_{\text{мах.см}} = 20 \cdot 100 \cdot 1,5 / 8 \cdot 1000 = 8 \text{ м}^3/\text{час.} \quad (21)$$

$$q_{\text{мах.с}} = 20 \cdot 100 \cdot 1,5 / 8 \cdot 3,6 = 104 \text{ л/с} \quad (22)$$

$$Q_{\text{сум}} = Q_{\text{п}} + Q_{\text{быт}} + Q_{\text{б}} + Q_{\text{д}} + Q_{\text{г}} =$$

Максимальный часовой мясокомбината: Производственный $Q_{\text{мах.ч.п}} = 300/16 \text{ м}^3/\text{час}$;
 бытовой $Q_{\text{мах.ч.б}} = 17/2 = 8,5 \text{ м}^3/\text{час}$

Таблица 2 - Расчетные расходы производственных и бытовых стоков

Расходы	Мясокомбинат		Общественные			Население города $Q_{\text{г}}$	Общий $Q_{\text{сум}}$
	производ. $Q_{\text{п}}$	бытовые $Q_{\text{быт}}$	больница $Q_{\text{б}} +$	детсад $Q_{\text{д}}$	школа $Q_{\text{ш}}$		
1. Суточный, м ³ /сут.	225	12,8	2,4	1,2-	2	707	950,4
2. Максимальный суточный, м ³ /сут.	300	17,0	-			44,9	72,85
3. Максимальный часовой, м ³ /час.	18,75	8,5	0,15	0,18	0,37	-	-
5. Секундный, л/с.	12	50,4	41,7	50	104	12,5	270,6

Практическая работа 3. Расчет дождевой водоотводящей сети

В целях организованного отвода с территории города или промышленного предприятия дождевых и талых вод устраивают дождевую канализацию (водостоки). Такой отвод необходим, так как при сильных дождях может произойти затопление улиц и подвалов зданий, нарушение нормального движения транспорта, подъем уровня грунтовых вод.

Сеть дождевой канализации может быть разделена на две части:

- внутреннюю, называемую внутренними водостоками, предназначенную для отвода атмосферных осадков с крыш больших по площади зданий;
- наружную, предназначенную для отвода атмосферных осадков с территории населенных мест и промышленных предприятий и от внутренних водостоков. Эта сеть может быть открытой, устраиваемой из открытых лотков и канав, закрытой (подземной), состоящей из уложенных в землю труб и каналов, и смешанной, которая представляет собой сочетание открытой и закрытой сетей.

Наружная закрытая дождевая канализация состоит обычно:

- а) из дождеприемников, т. е. устройств, для приема дождевых вод, стекающих с поверхности улиц, кварталов, дворов;
- б) сети труб и каналов;
- в) смотровых, перепадных и других колодцев на сети;
- г) выпусков в водоемы или овраги.

Дождевые воды перекачиваются насосными установками в очень редких случаях.

Открытая дождевая сеть состоит из лотков и канав разного размера (естественной или искусственной одежды) и выпусков упрощенных конструкций. Дождеприемники при этом не устраивают.

Перед началом трассирования вся территория населенного пункта или промпредприятия на плане разделяется на бассейны поверхностного стока. Ограничительными линиями этих бассейнов являются границы населенного пункта (промпредприятия), а также водоразделы, тальвеги и берега водных объектов (рек, озер, морей).

Таблица 3.1 - Площадь водосбора

Показатели	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Площадь Водосбора F, га	140	141	140	141	140	141	140	141	140	141
2. Интенсивность стока q_c , л/с·га	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7
3. Длина проезда L. м	470	480	490	500	510	490	480	470	480	470

Запроектировать дождеприемники на участке

Исходные данные: Участок городского проезда длиной $L =$ м имеет средней уклон $i_o = 0,005$. Ширина проезда равна 6м, поперечный уклон лотков $i_l = 0,03$.

Определить количество дождеприемников и расстояние между ними.

Решение

Расход дождевых стоков на этом участке определяется по формуле

$$Q = q_c \cdot F \cdot K_c, \text{ л/с} \quad (3.1)$$

где q_c - интенсивность дождевого стока, $q_c = 1 \text{ л/с} \cdot \text{га}$;

F - площадь водосбора, га

K_c – коэффициент неравномерности, $K_c = 0,97$

Расчет дождеприемников

Принимаем к установке большую дожде приемную решетку типа ДБ

Рассчитываем максимальную глубину воды в лотке

$$h = 2 \cdot i_l \quad (3.2)$$

Расход дождевого стока в лотке

$$Q_{\text{лот}} = 0,47 \sqrt{i_0} \text{ , л/с} \quad (3.3)$$

Пропускная способность решетки

$$Q_{\text{реш}} = 0,73 \cdot Q_{\text{лот}} \text{ , л/с} \quad (3.3)$$

Расстояние и количество дождеприемников

Расстояние от водораздела до дождеприемника №1

$$L_1 = L \cdot Q_{\text{лот}} / Q, \text{ м} \quad (3.4)$$

Расстояние между последующими дождеприемниками

$$L_2 = L \cdot Q_{\text{реш}} / Q, \text{ м} \quad (3.5)$$

Дождеприемник №2 располагаем на расстоянии, равном $L_1 + L_2 =$

Дождеприемник №3 на расстоянии $L_3 = L_1 + L_2 + L_3$ Если $L_3 < L$, то последний дождеприемник №4 размещаем в конце улицы. Принимаем $n =$ дождеприемников.

После расчетов производится конструирование дожде приёмных колодцев и отводов по существующим типовым проектам.

Пример расчета:

$$Q = 0,6 \cdot 141 \cdot 0,97 = 82 \text{ л/с} \quad (3.1)$$

$$h = 2 \cdot 0,03 = 0,06 \text{ м} \quad (3.2)$$

$$Q_{\text{лот}} = 0,47 \sqrt{0,005} = 0,033 \text{ м}^3/\text{с} = 33 \text{ л/с} \quad (3.3)$$

$$Q_{\text{реш}} = 0,73 \cdot 33 = 24,1 \text{ л/с} \quad (3.3)$$

$$L_1 = 470 \cdot 33 / 82 = 189 \text{ м} \quad (3.4)$$

$$L_2 = 470 \cdot 24,1 / 82 = 138 \text{ м} \quad (3.5)$$

Дождеприемник №2 располагаем на расстоянии

$$L_1 + L_2 = 189 + 138 = 327 \text{ м}$$

Дождеприемник №3 на расстоянии $L_{0-3} = L_1 + L_2 = 189 + 138 + 138 = 465 \text{ м}$

Так, как $L_3 < L = 465 \approx 470$, то последний дождеприемник №3 размещаем в конце улицы. Принимаем $n = 3$ дождеприемника.

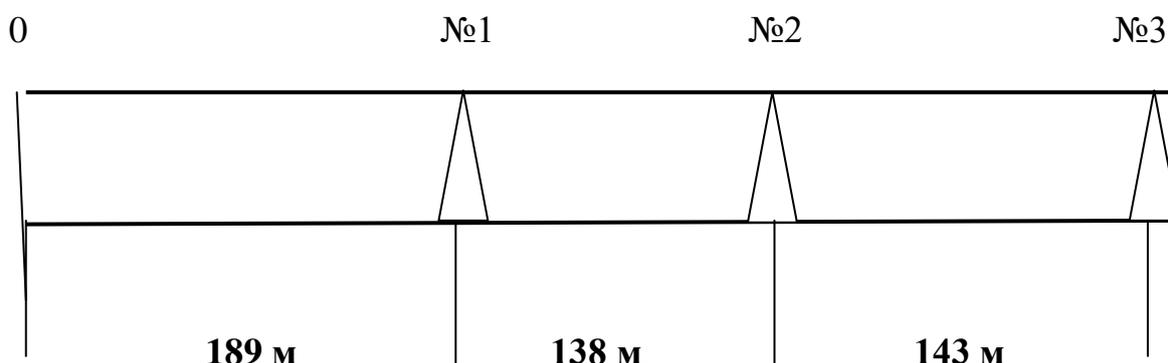


Рис. 3.1. Расчетная схема установки дожде-приемных колодцев

Практическая работа 4. Гидравлический расчет водоотводящей сети

Так как сеть канализации работает на безнапорный (самотечный) режим движения сточных вод, необходимо произвести гидравлический и геодезический расчеты.

Задача гидравлического расчета состоит в том, чтобы при известном расходе воды подобрать диаметр труб и придать сети такие уклоны, при которых скорость движения потока была бы достаточной для перемещения загрязнений движущихся с потоком.

1. Канализационная сеть разбивается на расчетные участки.
2. На каждом участке определяется расход сточных вод, л/с:

$$q^S = q^{tot} + q_0^S \quad (4.1)$$

3. Уклон прокладки трубопровода увязывается с рельефом местности, но должен быть не менее: $i_{\min} = 1/d$

где d – диаметр трубопровода, мм.

Для диаметра 150 мм $\rightarrow i_{\min} = 0,008$, при обосновании допускается принимать 0,007.

Уклон поверхности земли $i_{п.з.}$ определяется по формуле:

$$i_{п.з.} = \frac{Z_{п.з.}^{BH} - Z_{п.з.}^{BK}}{l} \quad (4.2)$$

где $Z_{п.з.}^{BH}, Z_{п.з.}^{BK}$ – отметка поверхности земли в начале и в конце участка, м;

l – длина участка, м.

Схемы выбора уклона прокладки трубопровода представлены на рис. 1.

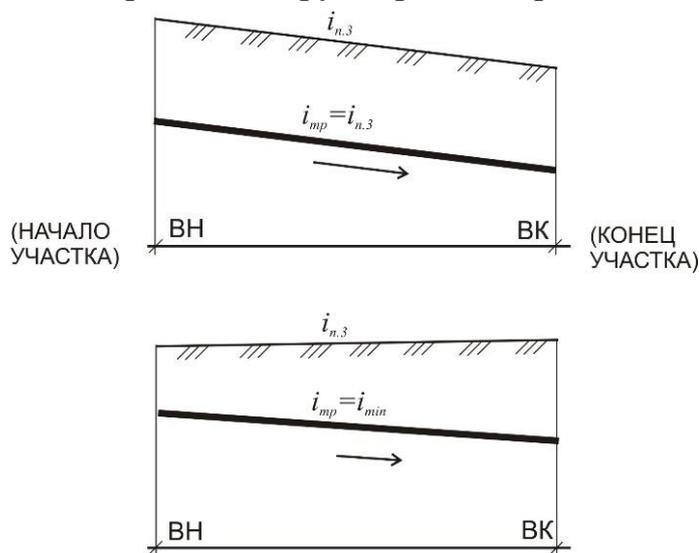


Рис. 4.1. Схемы выбора уклона прокладки трубопровода

Целью гидравлического расчета канализационной сети является выбор оптимальных диаметров d , мм, на расчетных участках, уклонов i , скоростей движения сточных вод V , м/с и наполнения в трубах h/d по расчетным расходам q^s , л/с.

При гидравлическом расчете необходимо соблюдать следующие технические условия, т.е. принимать:

1) $d_{\min}^{KB} = 160$ мм, $d_{\min}^{YЛ} = 200$ мм.

2) Расчетное наполнение – это отношение высоты слоя воды к диаметру трубы (h/d), которое соответствует пропуску расчетного расхода.

Для бытовой канализации и промышленной $h/d < 1$, чтобы обеспечить:

а) транспорт плавающих примесей

б) вентиляцию сети

в) пропуск расходов воды в период переполнения сети больше расчетного и называют залповым сбросом стоков.

3) Расчетные скорости ($V_{\text{расч.}}$), т.е. скорости течения воды при максимальном расчетном расходе сточных вод ($q_{\text{расч.}}^{\text{max}}$) и расчетном наполнении (h/d).

$$\text{Поэтому } V_{\text{min}} < V_{\text{расч.}} < V_{\text{max}}$$

где V_{max} – наибольшая допустимая скорость, не вызывающая снижения механической прочности материала труб при истирающем действии твердых примесей

$$V_{\text{немет.труб}}^{\text{max}} = 4 \text{ м/с}$$

V_{min} – минимально допустимая скорость, при которой не происходит заливания труб и называют ее *не заливающей* или *самоочищающей*.

4) Уклоны труб (i_{min}) – это тот уклон, который обеспечивает V_{min} при расчетном наполнении (h/d).

5. Наполнение h/d ; (рис.2), здесь h – слой воды, d – диаметр.

Для дождевой сети $h/d=1$.

Гидравлический расчет сети внутренней канализации надлежит проводить по максимальному секундному расходу.

Гидравлический расчет самотечных трубопроводов, лотков и каналов производится по следующим формулам:

$$Q = w v \quad (4.3)$$

$$w = \frac{d^2}{8} (\varphi - \sin \varphi) \quad (4.4)$$

$$\varphi = 4 \cdot \arcsin \sqrt{\frac{h}{d}} \quad (4.5)$$

$$v = C \sqrt{R \cdot i} \quad (4.6)$$

$$R = \frac{d}{2} \cdot \varphi \quad (4.7)$$

Q - расчетный расход сточных вод, м³/с;

d - диаметр трубопровода, м

w - площадь живого сечения потока, м²;

v - скорость движения сточных вод, /с;

R - гидравлический радиус, м;

I - уклон трубопровода, м;

h – абсолютное наполнение в трубе, м

C - коэффициент Шези.

Формула Н.Н. Павловского для определения коэффициента Шези:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^y \quad (4.8)$$

$$y = 2.5 \sqrt{n} - 0.13 - 0.75 \cdot R(\sqrt{n} - 0.1) \quad (4.9)$$

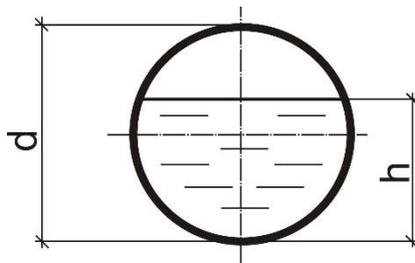
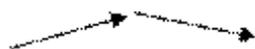


Рис. 4.1. Наполнение трубы

5) Если в квартальной (дворовой) и уличной сетях течет расчетный расход ($Q_{\text{расч}}$) меньше 10 л/с, такие участки называют *безрасчетными*, т.е. в них наполнение (h/d) получается меньше расчетного h/d , при этом скорость не определяется, а уклон принимается по СНиП 2.04.03-85:

Наполнение труб



При $d_{\text{кв}} = 160$ м, $i_{\text{min}} = 0,005$

$d_{\text{ул.}} = 200$ мм, $i_{\text{min}} = 0,007$

Необходимо так же учитывать, что:

а) Увеличение уклона (i) уменьшает наполнение (h/d) при постоянном расчетном расходе, но увеличивает V и наоборот.

При расчете канализационной сети во всех случаях:

1) Наполнение (h/d) при конкретном расходе должно быть близким к расчетному наполнению, а

2) Уклоны обеспечивать:

h_{min} - глубину заложения сети;

V_{min} – не заиливающую скорость;

n_{min} - количество перекачек.

По упрощенному методу гидравлический расчет выполняют, используя «Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей из пластмассовых труб» Карелин Я.А., 1986г.

Правила пользования таблицами Я.А. Карелина по заданному расходу ($q_{\text{расч}}$) принимают предварительно диаметр (d) и уклон (i).

Затем, соблюдая технические условия (по таблице 4.3) определяют скорость (V), наполнение (h/d), и уклон (i) с интерполяцией, если значения $q_{\text{расч}}$ отличается от табличных значений.

Для пропуски $q_{\text{расч}} =$ определить: d , i и h/d по таблицам Я.А. Карелина или по таблице 4.1 – исходные данные и рис. 4.2.

Таблица 4.1 - Исходные данные

Расч-ный участок	Расчетн. расход q_i , л/с	Длина участка l , м	Диаметр труб D , мм	Отметки поверхности земли, м	
				начала участка	конец участка
1	10	200	160	110	110
2	12	700	200	110	104
3	14	300	200	104	102

Таблица 4.2 - Расчетные значения гидравлических параметров труб

h/d	w	λ	R
0,4	0,2934	1,3698	0,2142
0,5	0,3927	1,5708	0,2500
0,6	0,4920	1,7723	0,2776
0,7	0,5872	1,9825	0,2962

Таблица 4.3 - Технические условия для гидравлического расчета канализационных сетей по СНиП 2.04.03-85

Материал и диаметры труб (мм)	Расчетное наполнение (h/d)	Скорость V_{\min} (м/с)
125-250; 280-400; 450-500; 560-800	$\leq 0,6 \leq 0,7 \leq 0,75 \leq 0,75 \leq 0,75$	$\geq 0,7 \geq 0,8 \geq 0,9 \geq 1,0 \geq 1,15$

Задача 1: Для пропускa $q_{расч} = 8,2$ л/с – участок безрасчетный $V_{\min} = 0,7-0,8$ м/с (не заиливающая) по техусловиям (табл. 4.3)., уклон $i_{\min} = 0,005$, тогда $1000i = 5$ и $h/d = 0,6$.

Задача: 2: Для пропускa $q_{расч} = 22,0$ л/с определить: d , i и h/d по таблицам Я.А. Карелина при $q_{расч} = 22,0$ л/с определяем $d = 225$ мм., $1000i = 4,2$.

Затем при $d = 225$ мм., соблюдая технические условия (по табл. 4.3) при $h/d = 0,6$ далее интерполируем V_x и $1000i_x$ для $q_{расч} = 22,0$ л/с по формулам определяем уклон $i_x = 1000i_x / 1000 = 4,26/1000 = 0,00426$.

После назначения d и i труб вычисляют «падение» (графа 5) равное произведению уклона на длину участка ($i \times l$) гр.3 гр.4 подобрав диаметр, определяют:
- падение трубопровода на участке, м,

$$h_t = i \cdot l \quad (1)$$

где $i = i_{тр}$

- слой воды в трубе, м:

$$h = \left(\frac{h}{d} \right) d \quad (2)$$

Далее определяют отметку лотка трубы в начале участка (гр.8) равняется отметке поверхности земли H_1 начальная (гр. 11), вычисленная по формуле.

Отметка лотка трубы в конце участка 1-2 (гр. 12) равна отметке лотка трубы в начале этого участка (гр. 11) минус падение трубы (гр. 8). Тогда глубина заложения в конце участка (гр. 14) равна отметке поверхности земли в этой точке (гр. 10) минус отметка лотка трубы в конце участка (гр. 12). Далее расчет ведется аналогично.

Поскольку глубина воды h на участке 2-3 больше чем на участке 1-2, то трубы соединяют по поверхности воды, т.е. отметка поверхности воды в начале участка 2-3 (гр. 12) принимается одинаковой с отметкой поверхности воды в конце участка 1-2 (гр. 13).

Весь расчет сводят в таблицу 3.

Примечание: индексы ВН и ВК – означают соответственно в начале и в конце участка.

Расчет начинается с заполнения граф 1-3 затем в графах 10 и 11 указывают отметки поверхности земли в начале (ВН) и в конце (ВК) каждого участка, взятые с плана города с горизонталями.

После назначения d и i труб вычисляют «падение» (графа 5) равное произведению уклона на длину участка ($i \cdot l$) гр. 3 гр. 4.

Геодезический расчет сводится к определению отметок лотков, поверхности воды и глубины заложения трубопроводов. Относительно сечения трубы можно определить отметки шельги, уровня воды, лотка.

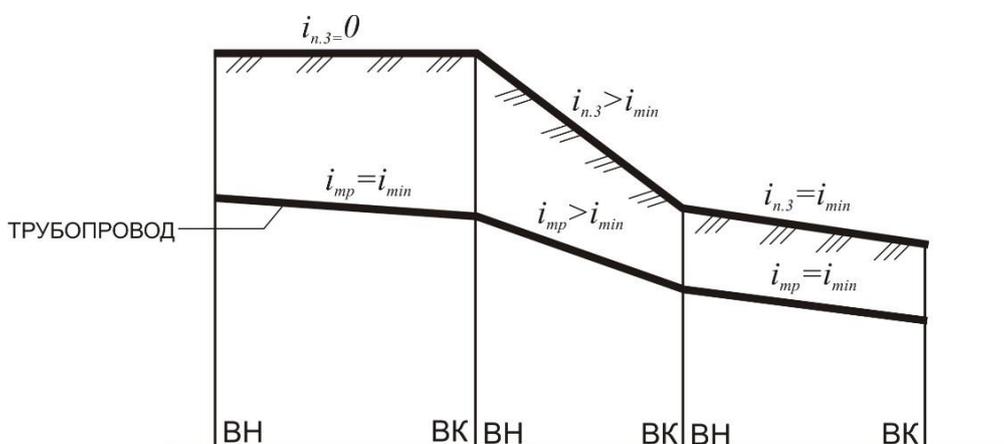


Рис. 4.2. Оптимальные условия прокладки трубопровода

Уклон прокладки трубопровода $i_{тр}$ увязывается с уклоном поверхности земли $i_{п.з.}$ (рис. 4.2).

Наибольшая глубина заложения трубопроводов водоотводящей сети зависит от способа производства работ и грунтовых условий, но не должна превышать 7 м.

Таблица 4.4 - Гидравлический расчет системы водоотведения

Расч-ный участок	Расч. Расход q_i , л/с	Длина уч-ка l , м	Уклон труб i	Диаметр труб D , мм	Скорость v , м/с	Напор Н/Д, м	Падение трубы, $i \cdot v$,
1	2	3	4	5	6	7	8

Продолжение таблицы 4.4

Расч-ный участок	Отметки				Глубина заложения трубы		Уклон поверх земли, м	
	поверхности земли		дна траншеи		в начале	в конце		
	в начале	в конце	в начале	в конце				
1	9	10	11	12	13	14	15	

При превышении допустимых заглублений на участках сети устраивают насосные станции, поднимающие сточные воды на минимально допустимую глубину заложения трубопроводов H_{min} .

Пластмассовые трубы изготавливают из различных материалов, например, из поливинилхлорида, полиэтилена и полипропилена, диаметром от нескольких сантиметров до 2400 мм,

К достоинствам этих труб относится долговечность (срок службы — от 50 лет), отсутствие коррозии, гладкость, малый вес. Недостаток — истираемость.

Пример расчета:

Таблица 4.4 - Гидравлический расчет системы водоотведения

Расч-ный участок	Расч. Расход q_i , л/с	Длина уч-ка l , м	Уклон труб i	Диаметр труб D , мм	Скорость v , м/с	Напор Н/Д, м	Падение трубы, $i \cdot v$,
1	2	3	4	5	6	7	8
1	10	200	0,005	160	0,7	0,6	1,0
2	12	700	0,007	200	0,7	0,6	4,9
3	14	300	0,007	200	0,7	0,6	2,1

Продолжение таблицы 4.4

Расч-ный участок	Отметки				Глубина заложения трубы		Уклон поверх земли, м
	поверхности земли		дна траншеи				
	в начале	в конце	в начале	в конце	в начале	в конце	
1	9	10	11	12	13	14	15
1	110	110	108	107	2	3	0,0
2	110	104	107	102	3	2	0,0086
3	104	102	102	99,9	2	2,1	0,0067

Практическая работа 5. Расчет перепада

Рассчитать трубчатый перепад с прямоугольным водобойным колодцем. Расчетом необходимо определить длину l_k и глубину колодца d_k (см. рис. 5.1). Ширина B принимается по конструктивным соображениям, в зависимости от размеров стояка. Обычно $B \geq 1,5 D$.

Таблица 5.1 - Исходные данные

Показатели	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расход Q , л/с	148	147	148	149	150	150	149	148	147	149

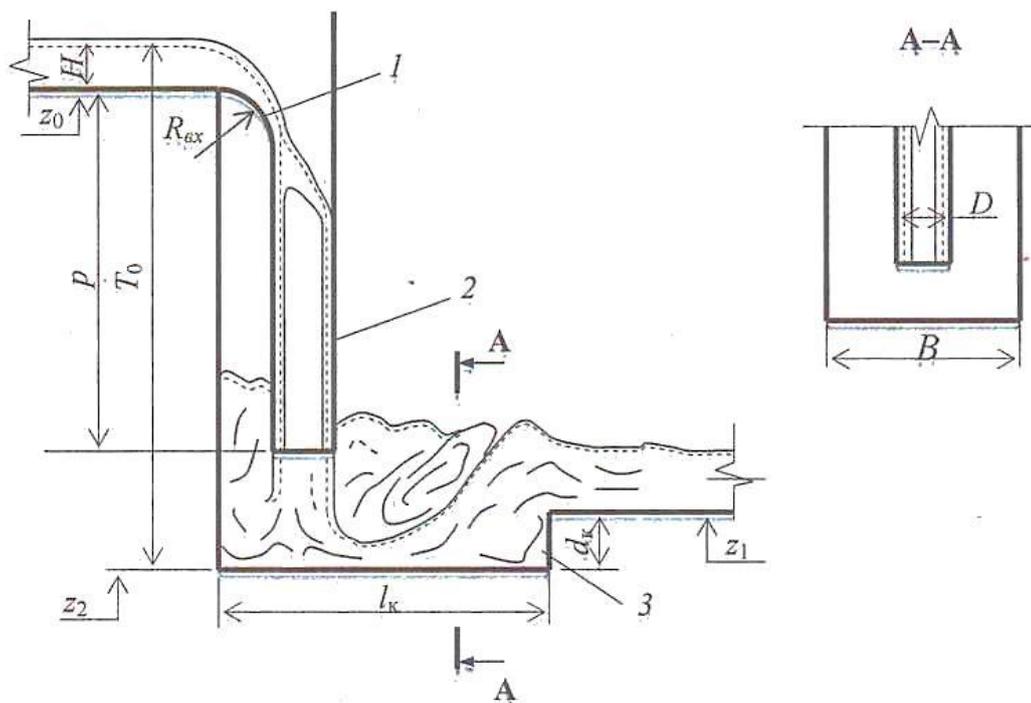


Рис. 5.1. Схема к расчету трубчатого перепада
1-входная воронка, 2- стояк, 3- водобойный колодец

Расчет параметра А при $R_{вх}/D = 1$

$$A = 0,61 \sqrt{g \left(\frac{R_{вх}}{D} + 1,5 \right)} \quad (5.1)$$

где $R_{вх}$ – радиус входной воронки, $R_{вх} =$

Определение диаметр стояка D

$$D = (A Q)^{0,4}, \text{ м} \quad (5.2)$$

где Q –расход коллектора в $\text{м}^3/\text{с}$ (в исходных данных)

Подбираем сортаментный диаметр чугунных труб D = мм (коэффициент шероховатости $n = 0.014$).

Принимаем первоначальную глубину колодца $d_k = 0$ и рассчитываем высоту перепада по формуле

$$T_o = (z_o - z_1) + H_o + d_k, \text{ м} \quad (5.3)$$

где $(z_o - z_1)$ – разность отметок дна соответственно подводящего и отводящего лотка, м;

d_k – глубина водобойного колодца, м;

H_o – полный напор на входе, м

$$H_o = h + v_n^2 / 2g \quad (5.4)$$

где h – глубина потока в подводящем трубопроводе, м;

v_n – скорость в подводящем трубопроводе, $v_n = 1,0$ м/с.

$$h = 0,71 \cdot D_n$$

Принимаем высоту стояка, если низ стояка расположен выше дна отводящего лотка на 0,6м, тогда

$$p = (z_o - z) - 0,6, \text{ м} \quad (5.5)$$

$$y \approx 1,5 \sqrt{n} \quad (5.6)$$

где n – коэффициент шероховатости, $n = 0.014$;

Принимаем первоначальное значение скорости на выходе из стояка $v_{cp} = 4,5$ м/с,

$$\lambda = \frac{8gn^2}{R^{2,y}} \quad (5.7)$$

где n – коэффициент шероховатости, $n = 0.014$;

r - высота трубчатого перепада, м

R – средний по высоте гидравлический радиус

$$R = \frac{Q}{\pi D v_{cp}} \quad (5.8)$$

где Q – расчетный расход стоков, м³/с;

D - принятый диаметр стояка, м

При плавном закруглении на входе определяется суммарный коэффициент сопротивления (местного и по высоте стояка).

$$\Sigma \zeta = \lambda p / 4R \quad (5.9)$$

где λ – коэффициент сопротивления трению по длине стояка, который можно определить, например, исходя из формулы Н.Н. Павловского.

Коэффициент скорости, который зависит от сопротивления

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \Sigma \zeta}} \quad (5.10)$$

Тогда действительная скорость на выходе из стояка составит

$$v_{cpl} = \varphi \sqrt{2gT_o} \quad (5.11)$$

Рассчитанное значение скорости может отличаться от заданного ранее на

$$\Delta v_{cp} = (4,5 - v_{cp.l}) 100\% / v_{cp.l}. \quad (5.12)$$

Эта величина не должна быть больше допустимой погрешности 10%.

Если больше, то расчет повторяется, принимая за первоначальную скорость ту, что получилась расчетом $v_{cp2} = v_{cp1}$

$$R = \frac{Q}{\pi D v}$$

$$\lambda = \frac{8gn^2}{R^{2y}}$$

$$\Sigma \zeta = \lambda p / 4R$$

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \Sigma \zeta}}$$

$$v_{cp1} = \varphi \sqrt{2gT_o}$$

$$\Delta v_{cp} = (v_{cp2} - v_{cp1}) 100\% / v_{cp1}.$$

После повторного расчета средней скорости

Конструктивно принимаем ширину водобойного колодца $B = 1,5 D$,

По таблице 5.1 находим коэффициент сопротивления колодца, принимается в зависимости от отношения B/D , $\zeta_{вк} = 0,52$

Определяем скорость в сжатом сечении

$$v_c = v_I \sqrt{1 - \zeta_{вк}} \quad (5.13)$$

где v_I – скорость в сечении I-I, которую можно принять равной скорости на выходе из стояка v_{cp} , м/с;

Первая сопряженная глубина гидравлического прыжка (при надвинутом прыжке) равна глубине воды в сжатом сечении h_c .

$$h_c' = Q / B v_c \quad (5.14)$$

Вторая сопряженная глубина рассчитывается по формуле

$$h'' = \frac{h'_c}{2} \left(\sqrt{1 + 8 \frac{h_{кр}^3}{h_c'^3}} - 1 \right). \quad (5.15)$$

Критическая глубина для прямоугольного колодца

$$h_{кр} = \sqrt[3]{\alpha Q^2 / B^2 g} \quad (5.16)$$

где $\alpha = 1,0 \dots 1,1$

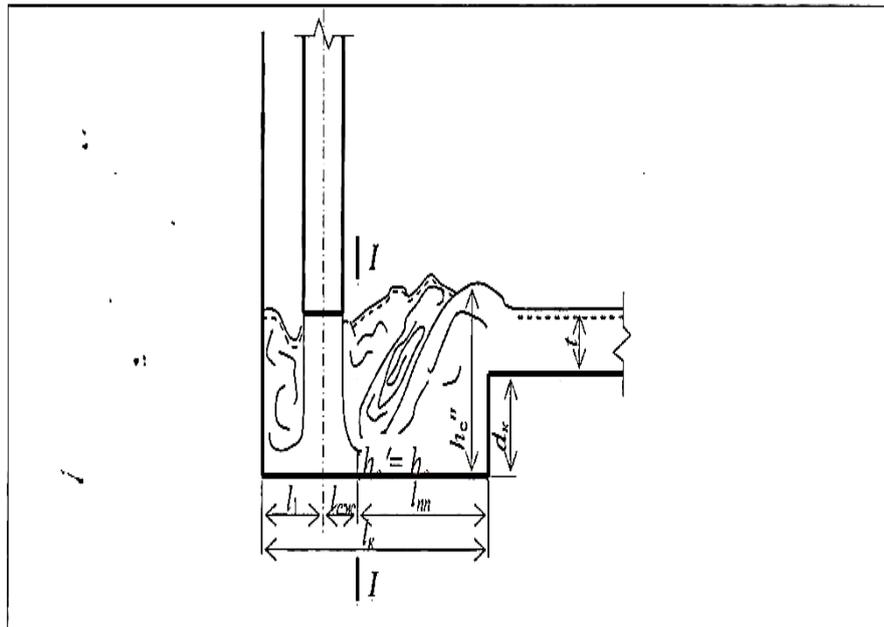


Рис. 5.2. Схема к расчету прямоугольного водобойного колодца

Глубина колодца d_k в этих условиях находится по зависимости

$$d_k = \sigma h_c'' - t, \text{ м } t > h_{кр} \quad (5.17)$$

$$d_k = \sigma h_c'' - h_{кр}, \text{ м } t \leq h_{кр} \quad (5.18)$$

где t – бытовая глубина в отводящем коллекторе, м;

$$t = D_o \cdot 0,7 \quad (5.19)$$

σ – коэффициент затопления гидравлического прыжка (1,05... 1,3)

При $d_k < 0$ водобойный колодец не нужен.

Определяется геодезическая отметка дна водобойного колодца

$$z_2 = z_1 - d_k \quad (5.20)$$

Определяется общая длина водобойного колодца

$$l_k = l_1 + l_{сжс} + l_{nn} \quad (5.21)$$

где l_1 – расстояние от оси стояка до стенки колодца,

$$l_1 = 1 D \quad (5.22)$$

$l_{сжс}$ - расстояние от оси стояка сжатого сечения,

$$l_{сжс} = 0,5 D \quad (5.23)$$

l_{nn} – длина подпертого гидравлического прыжка ,

$$l_{nn} = 4,5 \cdot \beta \cdot h'' \quad (5.24)$$

где $\beta = 0,5$

Пример расчета:

Дано: Подводящий коллектор имеет диаметр $D_{п} = 500$ мм; $i = 0,0025$ и $Q =$ л/с
 $h/D_{п} = 0,71$; $v_{п} = 1,01$ м/с ; отметка дна $z_0 = 122,55$ м.

Отводящий коллектор имеет диаметр $D_0 = 900$ мм; $h/D_0 = 0,7$, отметка дна
 $z_1 = 117,95$ м.

$$A = 0,61 \sqrt{9,81(1+1,5)} = 3,0 \quad (5.1)$$

$$D = (3 \cdot 0,15)^{0,4} = 0,731 \text{ м} \quad (5.2)$$

$$T_o = (122,5 - 117,9) + 0,41 = 5,01 \text{ м} \quad (5.3)$$

$$h = 0,71 \cdot 0,5 = 0,35 \text{ м}$$

$$H_o = 0,35 + (1,01)^2 / 2 \cdot 9,81 = 0,41 \text{ м} \quad (5.4)$$

$$p = (122,5 - 117,9) - 0,6 = 4,0 \text{ м} \quad (5.5)$$

$$y \approx 1,5 \sqrt{0,014} = 0,178 \quad (5.6)$$

$$\lambda = \frac{8 \cdot 9,81 (0,014)^2}{(0,0133)^{2 \cdot 0,178}} = 0,073 \quad (5.7)$$

$$R = \frac{0,15}{3,14 \cdot 0,8 \cdot 4,5} = 0,0133 \quad (5.8)$$

$$\Sigma \zeta = 0,073 \cdot 4 / 4 \cdot 0,0133 = 5,489 \quad (5.9)$$

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \Sigma 5,489}} = 0,393 \quad (5.10)$$

$$v_{cp1} = 0,393 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 5,01} = 3,9 \text{ м/с} \quad (5.11)$$

$$\Delta v_{cp} = (4,5 - 3,9) 100\% / 3,9 = 15\% \quad (5.12)$$

Принимаем $v_{cp2} = v_{cp1} = 3,9 \text{ м/с}$

$$R = \frac{0,15}{3,14 \cdot 0,8 \cdot 3,9} = 0,0153$$

$$\lambda = \frac{8 \cdot 9,81 (0,014)^2}{(0,0153)^{2 \cdot 0,178}} = 0,0695$$

$$\Sigma \zeta = 0,0695 \cdot 4 / 4 \cdot 0,0153 = 4,54$$

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \Sigma 4,54}} = 0,425$$

$$v_{cp3} = 0,4 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 5,01} = 4,21 \text{ м/с}$$

$$\Delta v_{cp} = (4,21 - 3,9) 100\% / 3,9 = 8\%$$

Принимаем $v_{cp2} = 4,21 \text{ м/с}$

Ширина водобойного колодца $B = 1,5 D = 1,5 \cdot 0,8 = 1,2 \text{ м}$; $\zeta_{вк} = 0,52$

$$v_c = 4,21 \sqrt{1 - 0,52} = 2,93 \text{ м/с} \quad (5.13)$$

$$h_c' = 0,15 / 1,2 \cdot 2,93 = 0,043 \quad (5.14)$$

$$h'' = 0,43 \left(\sqrt{1 + 8 \left(\frac{0,121}{0,043} \right)^3} - 1 \right) / 2 = 0,266 \text{ м} \quad (5.15)$$

$$h_{кр} = \sqrt[3]{1,1 \cdot 0,15^2 / (1,2^2 \cdot 9,81)} = 0,121 \text{ м} \quad (5.16)$$

$$d_{\kappa} = 1,3 \cdot 0,266 - 0,63 = - 0,28 \text{ м} \quad (5.17)$$

Бытовая глубина в отводящем коллекторе - $t = 0,9 \cdot 0,7 = 0,63 \text{ м} > h_{кр} = 0,121$ (5.19)

Так, как $d_{\kappa} < 0$ - *водобойный колодец не нужен.*

$$z_2 = 117,9 - (-0,28) = 118,18 \text{ м} \quad (5.20)$$

$$l_{\kappa} = 0,8 + 0,4 + 0,6 = 1,8 \text{ м} \quad (5.21)$$

$$l_1 = 1 \cdot 0,8 = 0,8 \quad (5.22)$$

$$l_{сжс} = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4 \quad (5.23)$$

$$l_{nn} = 4,5 \cdot 0,5 \cdot 0,266 = 0,6 \text{ м} \quad (5.24)$$

Практическая работа 6.

Расчет канализационной насосной станции (КНС)

КНС устраивают:

- для подъема сточных вод при заглублении трубопровода на значительную глубину (5-7 м);
- для перекачки стоков с одного района в главный коллектор другого района или в приемную камеру очистных сооружений (ПКОС).

Таблица 6.1 - Исходные данные

Показатели	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расход $q_{max,c}$, л/с	138	137	138	139	130	130	139	138	137	139
отм. Z_{max} , м	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
отм. Z_2 , м	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212
отм. Z_1 , м	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208
Напорный тр-д l , м	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590

Количество насосов в насосной станции должно быть два и более. Число напорных ниток должно быть не менее двух (см. рис. 6.1). Трубопроводы, расположенные внутри насосной станции, изготавливаются из электросварных стальных труб. Насосные станции имеют подземную и надземную части. Подземная часть состоит из приемной камеры и машинного зала. При строительстве подземной части используется сборный железобетон или бетон. Обычно подземная часть насосной станции бывает круглая. Надземная часть изготавливается из кирпича или сборного железобетона. Там имеется санузел, щитовая и мастерские.

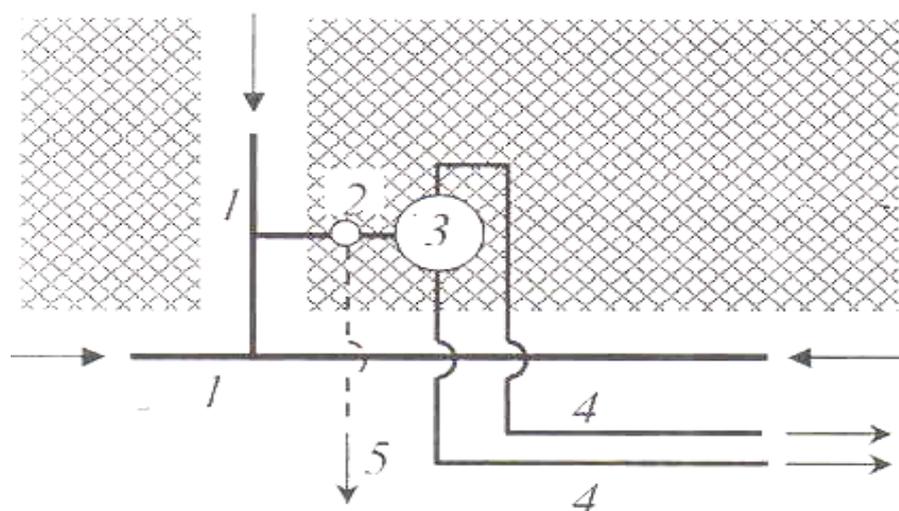


Рис. 6.1 Расположение насосной станции и трубопроводов

1- самотечные трубопроводы; 2- смотровой колодец; 3- насосная станция;
4- напорные трубопроводы; 5- аварийный выпуск

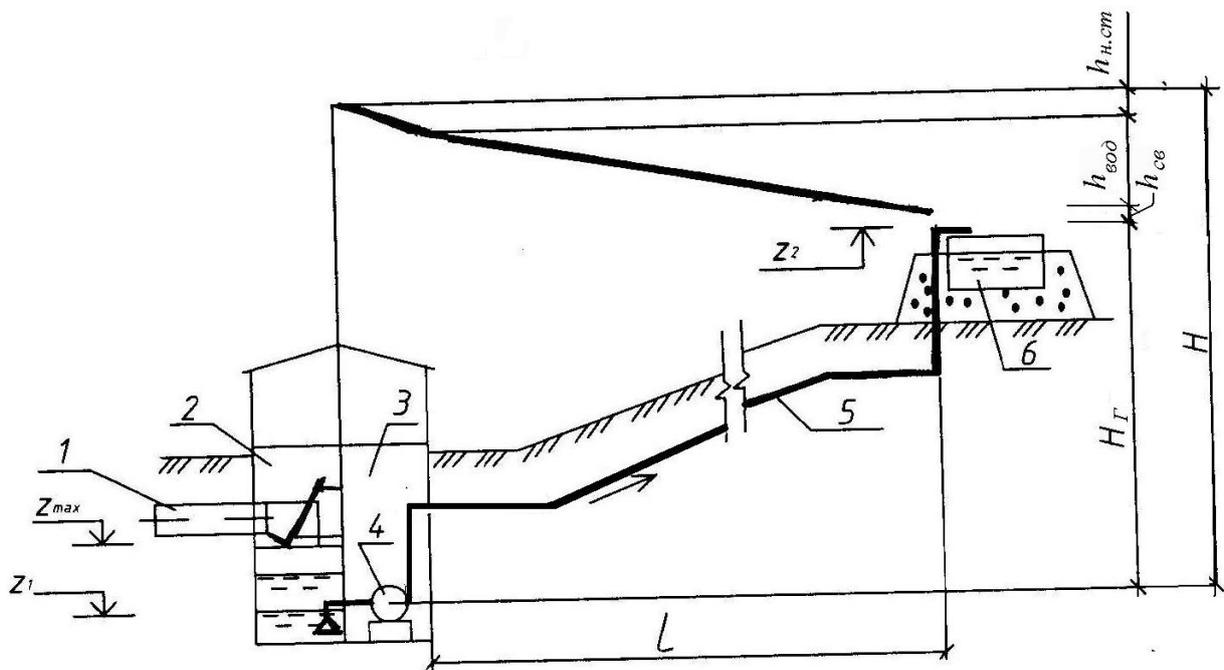


Рис. 6.2 Расчетная схема определения напора КНС.

1 – подводящий коллектор; 2 – приемный резервуар; 3 – машинный зал;
 4 – насосные агрегаты; 5 – напорные водоводы; 6 – приемная камера очистных сооружений

На канализационных насосных станциях применяются насосы марки СМ, например СМ 200-150-400 (СМ - сточно-массные, 200 - диаметр всасывающего патрубка, мм, 150 - диаметр напорного патрубка, мм, 400 - диаметр рабочего колеса, мм).

Для подбора насосов строят график совместной работы насос и водоводов (Пример на рис. 6.3).

Характеристика насоса Q-H

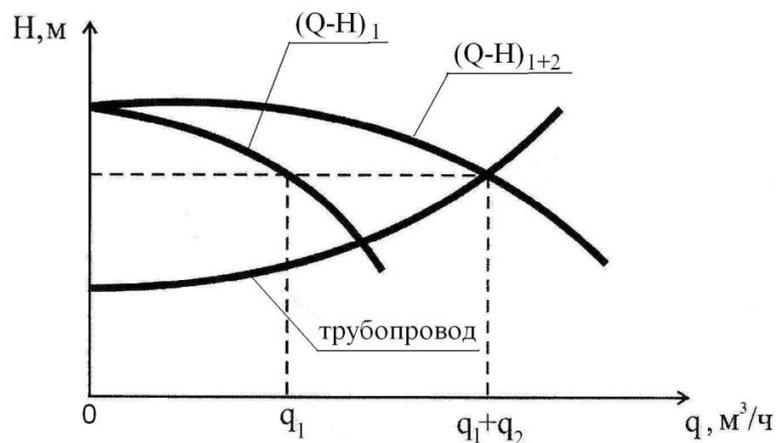


Рис. 6.3 Характеристика насоса

Насосная станция подает воду на станцию очистки стоков.

Требуется подобрать основное насосное оборудование КНС и рассчитать объем приемного резервуара.

Формулы для расчета

$$Q_{max.ч} = q_{max.c} \cdot 3,6 = \text{м}^3/\text{час} \quad (6.1)$$

где $q_{max.c}$ - максимальный секундный расход (исходные данные), л/с.

Насосная станция относится к 1 категории, по этому принимаем 2 напорных трубопровода. Расход воды в каждом составит

$$Q_{нв} = Q_{max.ч} / 2, \text{м}^3/\text{час} \quad (6.2)$$

По таблицам [1] подбираем трубы диаметром $D_{н.в.} = 300$ мм,

- скорость течения $v = 1,15$ м/с при полном заполнении;

- единичные потери напора $i = \frac{z_2 - z_1}{l}$

Потери в трубопроводе рассчитываем по формуле

$$h_{н.в.} = (1,1 \dots 1,2) i L_{н.в.}, \text{м} \quad (6.3)$$

где $L_{н.в.}$ - длина напорного трубопровода от насосной станции до очистных сооружений (в исходных данных - l).

Принимаем геодезическую отметку подачи равной отметке максимального уровня воды в приемной камере станции очистки $z_B = z_2 - 1$, м

Геодезическую отметку откачки принимаем на 1 м ниже дна подводящего коллектора

$$z_{рез} = z_{max} - 1, \text{м} \quad (6.4)$$

Рассчитываем требуемый напор насосов и расчетный напор насосной станции

$$H_{\Gamma} = z_{\text{в}} - z_{\text{рез}}, \text{ м} \quad (6.5)$$

Насосы подбирают по двум параметрам: подаче $Q_{\text{max.ч}}$ и напору $H_{\text{ст}}$ в Приложении 1 или по рисунку 6.4.

$$H_{\text{ст}} = H_{\Gamma} + h_{\text{н.в}} + h_{\text{н.ст}} + H_{\text{св}}, \text{ м} \quad (6.6)$$

где H_{Γ} – геометрическая высота подъема жидкости, равная разности отметок приемной камеры ГКОС и минимального уровня воды в приемном резервуаре насосной станции $Z_1 - Z_2$, м (см. рис. 5);

$$H_{\Gamma} = z_{\text{в}} - z_1 \quad (6.7)$$

$h_{\text{н.ст}}$ – потери напора внутри насосной станции 2-3 м;

$h_{\text{н.в}}$ – потери напора в напорных трубопроводах от КНС до приемной камеры ПКОС;

$H_{\text{св}}$ – свободный напор на излив 1 м;

Пример расчета:

$$Q_{\text{max.ч}} = 138 \cdot 3,6 = 500 \text{ м}^3/\text{час} \quad (6.1)$$

$$Q_{\text{нв}} = 500 / 2 = 250 \text{ м}^3/\text{час} \quad (6.2)$$

$$h_{\text{н.в}} = (1,1 \dots 1,2) 0,0035 \cdot 570 = 2,4 \text{ м} \quad (6.3)$$

$$i = \frac{210 - 208}{570} = 0,0035$$

$$z_{\text{рез}} = 208 - 1 = 207 \text{ м} \quad (6.4)$$

$$H_{\Gamma} = 209 - 207 = 2 \text{ м} \quad (6.5)$$

$$H_{\text{ст}} = 3 + 2,4 + 2 + 1 = 8,4 \text{ м} \quad (6.6)$$

$$H_{\Gamma} = 209 - 207 = 2 \text{ м} \quad (6.7)$$

Принимаем 2 рабочих и 1 резервный насос (Приложение 1 или рис.6.4) типа СД.

По свободному напору $H_{ст} = 8,4$ м и подаче $Q_{нв} = 250$ м³/час в Приложении 1 выбираем насос СД...250/22,5..

Характеристики выбранного насоса:

Подача = 250 м³/ч

Напор = 22,5 м вод. ст

Мощн. двиг. = 37 кВт

Диаметр раб колеса = 295 мм

Размеры: L = 1915 мм, H = 763 мм, B = 465 мм

Масса агрегата = 725 кг

Приложение 1

Сводная таблица технических характеристик фекальных насосов типа СД

Тип насоса	Мощн. двиг., кВт	Частота вращ., об. мин.	Подача м ³ /ч	Напор, м вод.ст.	Диаметр раб. колеса, мм	Размеры, мм			Масса агрегата кг
						L	H	B	
СД 16/10	1,5	1500	16	10	184	980	440	205	150
СД 16/10 а	1,1	1500	14	8,2	170	980	440	205	150
СД 16/10 б	1,1	1500	12,5	6,7	158	980	440	205	150
СД 16/25	4,0	3000	16	25	159	1015	410	340	105
СД 16/25 а	3,0	3000	15	20	145	1000	410	340	100
СД 16/25 б	2,2	3000	14	15,5	138	1000	410	340	100
СД 25/14	3,0	1500	25	14	224	1015	497	340	156
СД 25/14 а	2,2	1500	20	12	205	1000	497	340	149
СД 25/14 б	2,2	1500	16	10	188	1000	497	340	149
СД 32/40	11,0	3000	32	40	184	1140	475	265	195
СД 32/40 а	7,5	3000	28	33	170	1080	430	275	195
СД 32/40 б	5,5	3000	25	27	158	1020	430	200	195
СД 50/10	4,0	1500	50	10	195	1040	520	340	147
СД 50/10 а	3,0	1500	47	8	180	1010	520	340	140
СД 50/56	22,0	3000	50	56	222	1315	517	340	285
СД 50/56 а	18,5	3000	45	43	205	1320	517	340	260
СД 50/56 б	15,0	3000	40	34	188	1290	517	340	230
СД 70/80	30,0	3000	70	80	250	1350	562	340	285
СД 70/80 а	22,0	3000	45	70	245	1310	562	340	260
СД 70/80 б	18,5	3000	35	66	230	1315	562	340	230
СД 100/40	30,0	3000	100	40	190	1350	520	340	315
СД 100/40 а	22,0	3000	90	32	180	1310	520	340	285
СД 100/40 б	18,5	3000	80	28	170	1315	520	340	260
СД 160/45	37,0	1500	160	45	388	1900	743	465	745
СД 160/45 а	30,0	1500	144	36	358	1810	743	465	665
СД 160/45 б	22,0	1500	128	30	338	1770	743	465	645
СД 250/22,5	37,0	1500	250	22,5	295	1915	763	465	725
СД 250/22,5 а	30,0	1500	225	18,5	288	1830	763	465	640
СД 250/22,5 б	22,0	1500	205	16	275	1790	763	465	620
НС 400/80	200,0	1500	400	80	500	2665	1160	634	2240
НС 400/80 а	160,0	1500	380	64	454	2615	1160	634	2015
НС 400/80 б	110,0	1500	360	50	420	2510	1160	634	1925

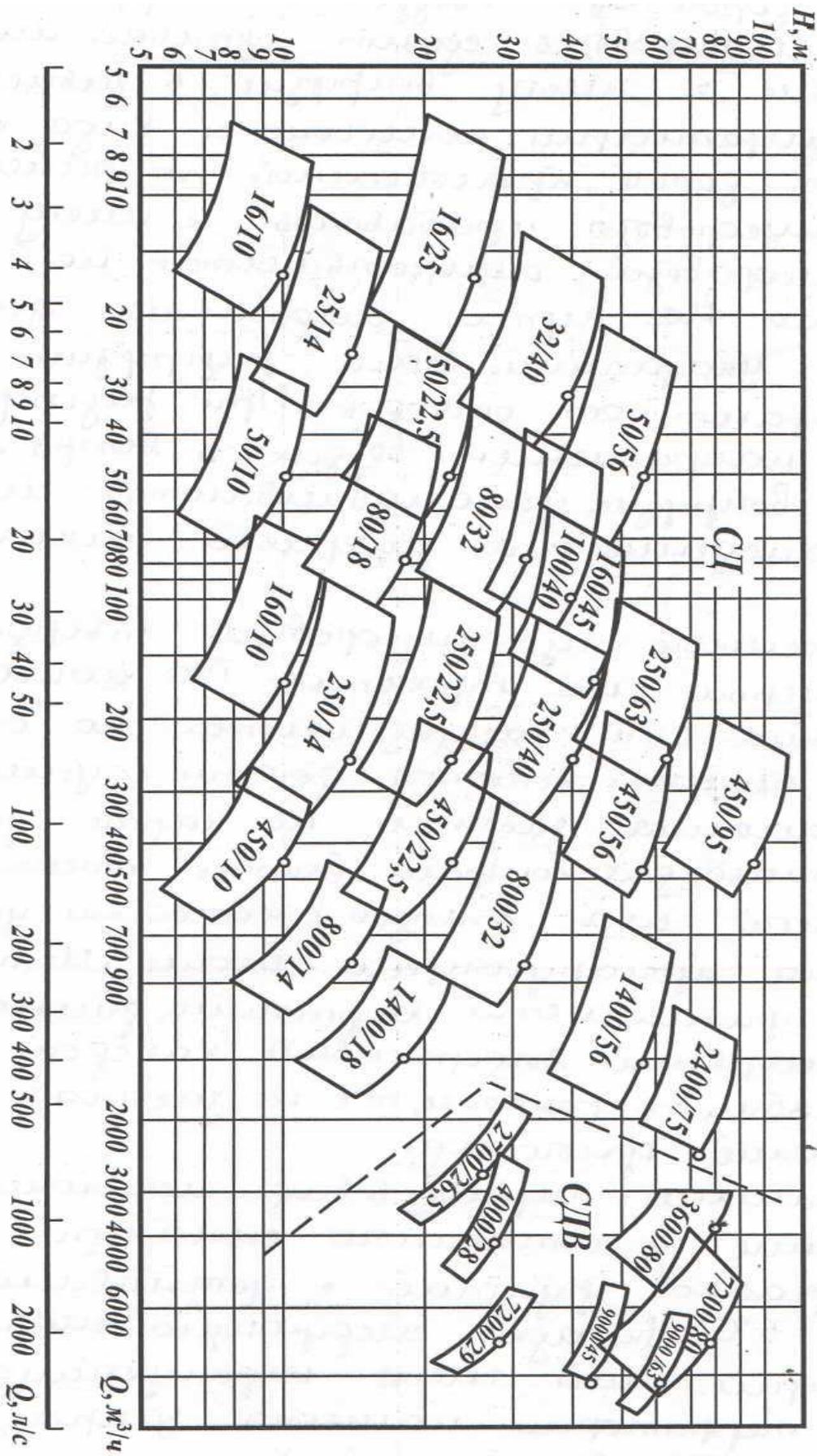


Рис. 6.4 Сводный график полей Q-H насосов типа СД и СДВ (ГОСТ 11379-80)

Практическая работа 7.

Проектирование высотной схемы канализационных сетей

Проектирование высотной схемы канализационных сетей заключается в составлении продольного профиля коллектора, в назначении начальных глубин заложения сети, уклонов и отметок в местах сопряжения труб в соединительных колодцах и камерах.

В начале вычерчивают профиль поверхности земли по трассе коллектора. Затем на профиль наносят расчетные точки, определяют длину расчетных участков, начальное заглубление трубопровода и выявляют участки, диктующие глубину заложения коллектора. Одновременно на профиль наносят результаты вычислений d , I , q_{\max} , C , V , h/d и указывают принятый материал труб.

На профиле должны быть детально отражены пересечения водных препятствий, шоссейных и железных дорог, а также указано расположение по вертикали трубопроводов различных сетей и т.д.

Стоимость и сроки строительства водоотводящей сети определяет глубина заложения трубопроводов, которую принимают по возможности минимальной, учитывая следующие требования: защиту труб от механических повреждений; предохранение сточных вод в трубопроводах от замерзания; обеспечение возможности присоединения внутриквартальной сети от уличной.

В южных районах страны минимальную глубину заложения выпусков из здания принимают 0,7 м до верха трубы, что обеспечивает водоотведение от приемников, расположенных на первом этаже на уровне поверхности земли. Кроме того, указанная глубина достаточна и для предохранения труб от воздействия статических и динамических нагрузок.

В северных районах глубину заложения домовых выпусков определяют из условий глубины промерзания грунта: при диаметре труб до 500 мм на 0,3 м, а при больших диаметрах - на 0,5 м менее наибольшей глубины промерзания грунта, но не менее 0,7 м до верха трубы.

Необходимые уклоны назначают по уклону местности. При плоском рельефе назначают минимальные уклоны, стремясь обязательно соблюдать самоочищающиеся скорости и не было больших заглублений сети.

Требуется запроектировать продольный профиль коллектора трасса которого представлена на плане (рисунке 1).

Исходные данные

1. Трасса коллектора проходит через колодцы: 25, 26, 27, 28.
2. Отметка условного горизонта – 80,00 м.
3. Масштаб генплана М 1:5000
4. Расходы: от колодца 25 до колодца 26 – $q = 2,37\text{м}^3/\text{с}$;
от колодца 26 до колодца 27 – $q = 18,5\text{м}^3/\text{с}$;
от колодца 27 до колодца 28 – $q = 26,7\text{м}^3/\text{с}$.

Образец продольного профиля коллектора на рисунке 2.

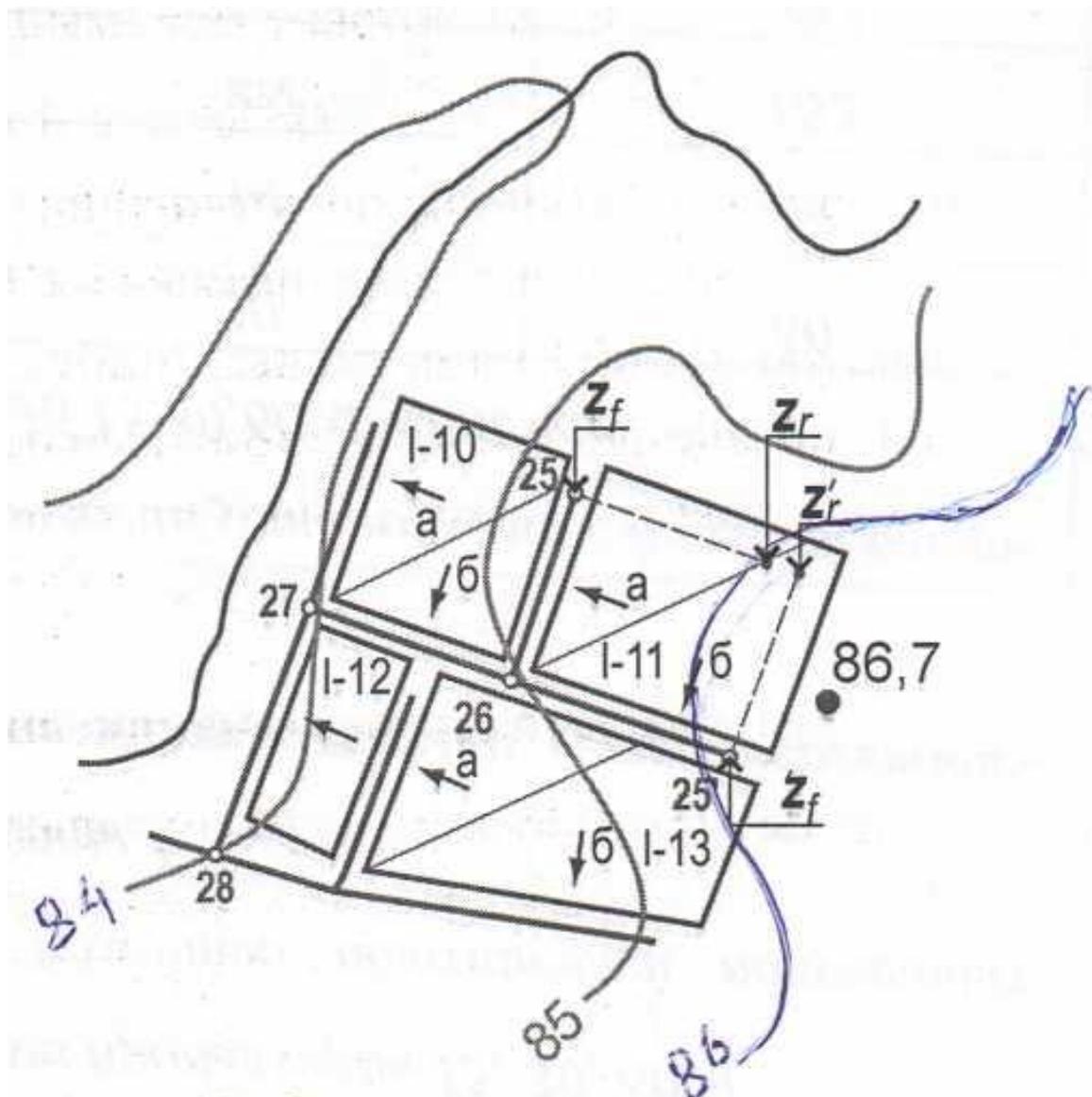


Рис. 7.1. Генплан трассы коллектора

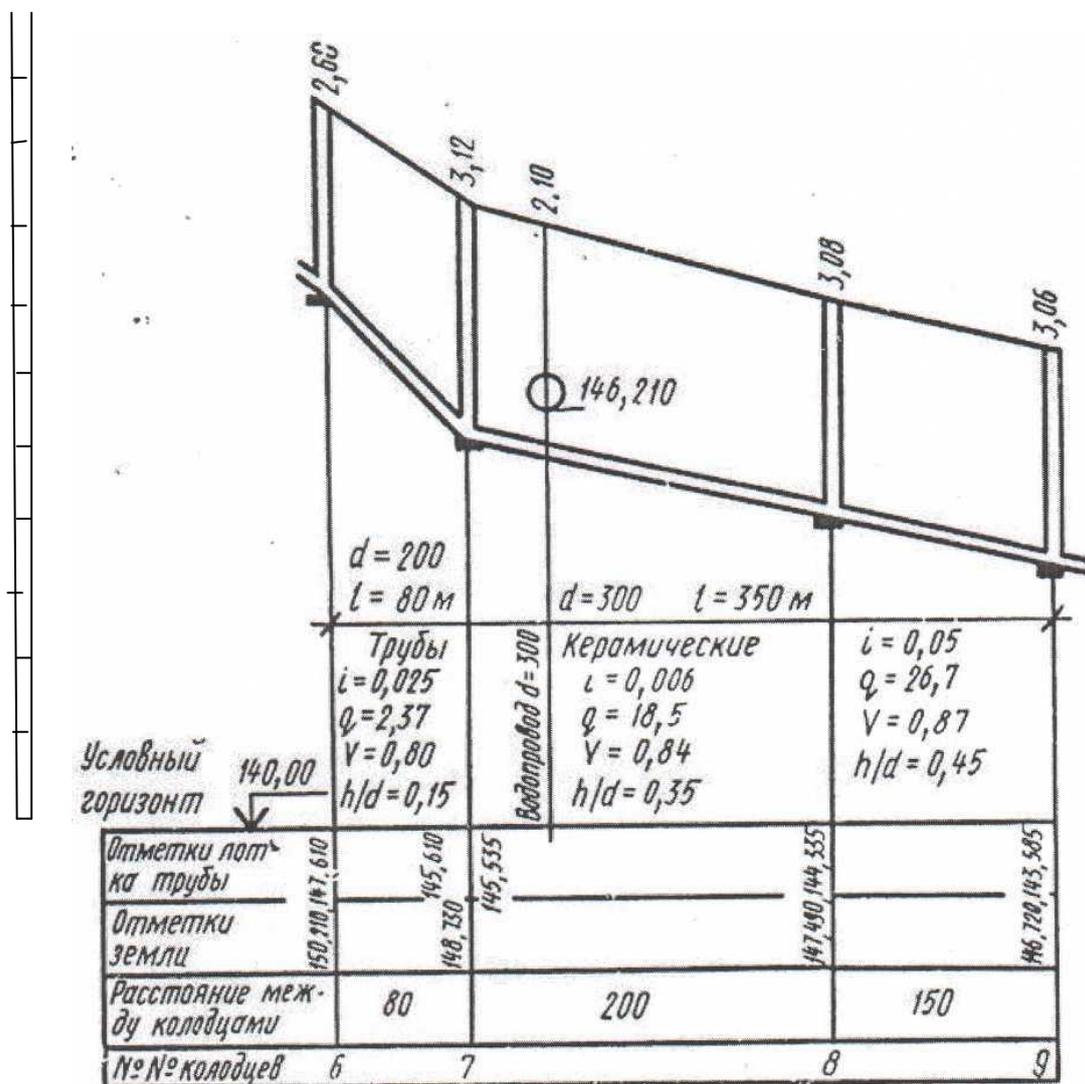


Рис. 7.2. Образец продольного профиля коллектора

Практическая работа 8. Проектирование Дюкера

Для транспортирования сточных вод через реки и овраги служат специальные устройства - дюкеры (рис. 8.1).

Дюкер состоит из следующих основных элементов: верхней камеры дюкера (ВКД), нижней камеры дюкера (НКД) и стальных напорных трубопроводов с усиленной антикоррозийной изоляцией, прокладываемых не менее чем в две

рабочие нитки $d \geq 150$ мм. Верхняя камера дюкера (ВКД) имеет два отделения: мокрое и сухое, разделенные водонепроницаемой перегородкой. В мокром отделении самотечный трубопровод переходит в открытые лотки. Для перекрытия потока воды нижняя камера дюкера опускается на величину потерь напора $H_{пот}$, м. Дюкер работает в самотечно-напорном режиме. Проверяется на нормальный и аварийный режим работы.

Задание: Рассчитать дюкер

Исходные данные:

1. Перепад между верхней камерой ВКД и нижней НКД = 1,0 м;
2. Диаметры труб верхней и нижней камер: $D_n = 630$ мм; $D_b = 630$ мм;
3. Подвод к дюкеру коллектора: $h = D = 630$ мм, $V_2 = 1,06$ м/с; $i = 0,0014$
4. Отводящий коллектор от нижней камеры дюкера $D = 630$ мм, $i = 0,0013$, $V_0 = 1,03$ м/с, $H/D = 0,62$
4. Отметки низа трубы: $Z^{ВКД} = 81,0$ м
5. Длина дюкера между камерами l , м; $V_1 = 0,86$ м/с; $i_{дюк} = 0,0063$
6. Расчетный расход q_p , л/с.

Таблица 8.1 Исходные данные

Показатели	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длина дюкера между камерами l , м	101	102	103	104	105	101	102	103	104	105
Расчетный расход q , л ³ /с	148	149	150	151	152	148	149	150	151	152

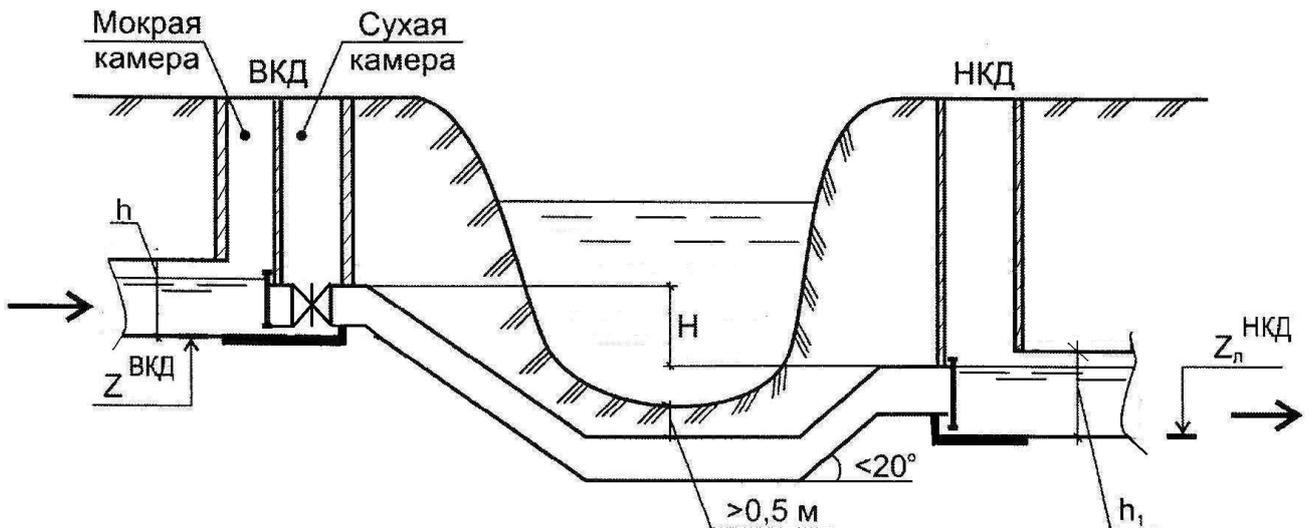


Рис. 8.1. Примерная схема самотечно-напорного дюкера

Диаметр труб определяется исходя из самоочищающей скорости,

$$V = 1,07 \text{ м/с}$$

$$d = \sqrt{\frac{4q}{n\pi V}} \quad (8.1)$$

где q – расчетный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{с}$;

n – количество рабочих ниток

Принимаем $D_k = 300 \text{ мм}$,

Расчетный расход для одной нитки дюкера

$$q'_p = q_n/2 \quad (8.2)$$

Потери по длине

$$h_\partial = l \cdot i_{\text{дюк}} \quad (8.3)$$

Потери на входе в дюкер

$$h_1 = \zeta \frac{v_2^2}{2g} \quad (8.4)$$

ζ – коэффициент местного сопротивления, $\zeta = 0,5$

Потери на задвижке

$$h_2 = \zeta_2 \frac{v_2^2}{2g} \quad (8.5)$$

ζ_2 – коэффициент местного сопротивления, $\zeta_2 = 0,1$

Принимаем 4 отвода по 10° , тогда потери в закруглениях составят:

$$h_3 = 4 \cdot h'_1 \quad (8.6)$$

где: h'_1 – значение сопротивлений в закруглениях дюкера при $v = 1,06$ м/с ,
 $h'_1 = 0,0008$

Потери при выходе из дюкера:

$$h_4 = \zeta_3 \frac{(v_2 - v_0)^2}{2g} \quad (8.7)$$

ζ_3 – коэффициент местного сопротивления, $\zeta_3 = 1$

Полный напор

$$H = h_0 + h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad (8.8)$$

Отметка лотка дюкера $D = 300$ мм в нижней камере составит:

$$Z_{\text{н.к}}^d = Z_{\text{п.к}} - H \quad (8.9)$$

$Z_{\text{п.к}}$ - отметка лотка трубы, подводящей сточные воды к верхней камере дюкера, м. абс.

Отметка лотка самотечного коллектора $D = 500$ мм за дюкером составит

$$Z_{\text{с.к}} = Z_{\text{н.к}}^d - (0,63-0,3) \quad (8.10)$$

где 0,63 и 0,3 – соответственно внутренние диаметры труб самотечного коллектора и дюкера, м.

Пример расчета:

$$d = \sqrt{\frac{40,15}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,07}} = 0,299 \text{ м} \quad (8.1)$$

$$q'_p = 150/2 = 0,075 \quad \text{м}^3/\text{с} \quad (8.2)$$

$$h_o = 101 \cdot 0,0063 = 0,64 \text{ м} \quad (8.3)$$

$$h_1 = 0,5 \frac{1,06^2}{2 \cdot 9,81} = 0,029 \text{ м} \quad (8.4)$$

$$h_2 = 0,1 \frac{1,06^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0057 \text{ м} \quad (8.5)$$

$$h_3 = 4 \cdot h'_1 = 4 \cdot 0,0008 = 0,0032 \text{ м} \quad (8.6)$$

$$h_4 = 1 \frac{(1,06 - 1,03)^2}{2 \cdot 9,81} = 0,00005 \text{ м} \quad (8.7)$$

$$H = 0,64 + 0,029 + 0,0057 + 0,0032 + 0,00005 = 0,67 \text{ м} \quad (8.8)$$

$$Z_{\text{н.к}}^d = 81 - 0,67 = 80,33 \text{ м} \quad (8.9)$$

$$Z_{\text{с.к}} = 80,33 - 80 \text{ м} \quad (8.10)$$

Практическая работа 9. Проектирование разделительной камеры

Разделительные камеры устраиваются при полной раздельной и полураздельной системах водоотведения. Места расположения и назначения их различны. При полной раздельной системе разделительные камеры устраиваются:

- на дождевой сети в местах отводного коллектора или перед очистными сооружениями для сброса части дождевых вод в водоем при интенсивных дождях;
- на сооружениях для самостоятельной очистки дождевых сточных вод при необходимости разной степени их очистки.

При полураздельной системе водоотведения разделительные камеры устраиваются:

- на дождевой сети перед присоединениями ее к общесплавным коллекторам для сброса части дождевых вод при интенсивных дождях в водоем;
- перед очистными сооружениями для временного сброса части бытовых, производственных и дождевых сточных вод (при больших расходах последних) в регулирующие резервуары для последующей подачи на очистные сооружения.

Основные требования, предъявляемые к ливнепускам, заключаются в следующем:

- 1) отвод без сброса наиболее загрязненной части поступающих к ливнепуску сточных вод;
- 2) малая засоряемость сбросных и водоотводящих устройств.

Наиболее распространены разделительные камеры с боковым прямолинейным водосливом с односторонним сбросом.

Целесообразно гребень водослива выполнять металлическим и подвижным в вертикальных направляющих. Это позволит изменять высоту гребня водослива при наладке работы сооружений. Разделительная камера с боковыми прямолинейными водосливами с двухсторонним сбросом состоит из лотка, обе стороны которого являются водосливами. На рисунке 9.1 показаны схемы разделительной камеры с боковым прямолинейным водосливом с односторонним сбросом.

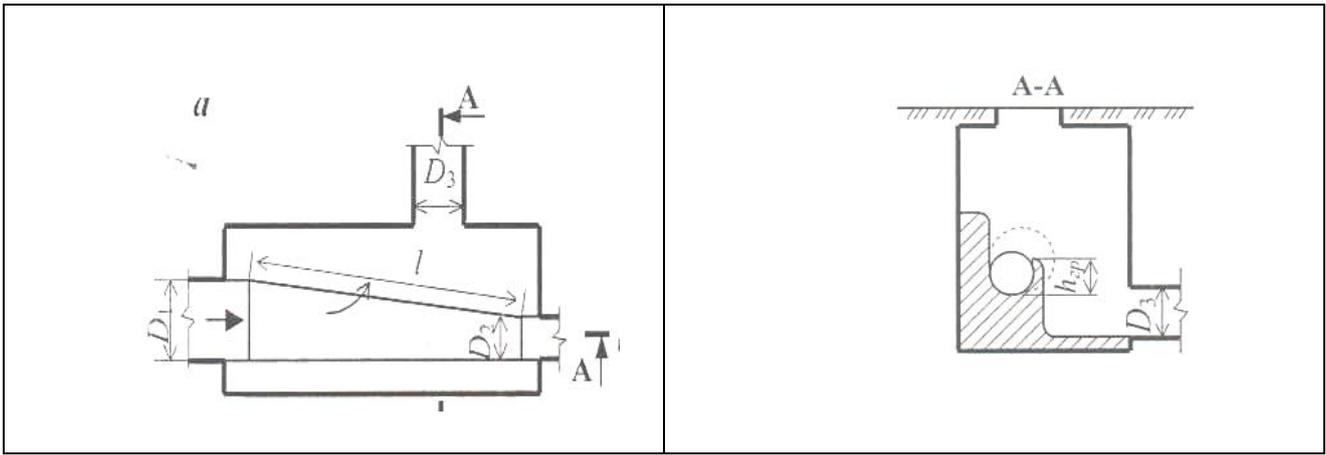


Рис. 9.1 – Схемы разрезов разделительной камеры с боковым прямолинейным водосливом с односторонним сбросом.

Требуется рассчитать разделительную камеру с прямолинейным боковым водосливом.

Таблица 9.1 - Исходные данные

Показатели	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расход Q_r , л/с	480	490	500	510	520	480	490	500	510	520

Подводящий коллектор имеет диаметр $D_1 = 800$ мм.

Расчет разделительных камер такого типа сводится к определению размеров камеры.

Находим предельный расход

$$Q_{lim} = K_{pk} \cdot Q_p \quad (9.1)$$

где Q_p - расчетный расход дождевых стоков, m^3/c ;

K_{pk} – коэффициент разделения камеры, $K_{pk} = 0,43$.

Расход, сбрасываемый через водослив в водный объект

$$Q_{\text{сбр}} = \cdot Q_p - Q_{\text{lim}} \quad (9.2)$$

По таблицам для расхода Q_{lim} по таблицам для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров подбираем трубопровод на полное заполнение диаметром $D_2 = 500$ мм, $i_2 = 0,004$, $v_2 = 1,19$ м/с.

Для расхода $Q_{\text{сбр}}$ подбираем трубопровод: $D_3 = 550$ мм, $i_3 = 0,004$, $v_3 = 1,27$ м/с

По формулам рассчитываем высоту гребня водослива $h_{\text{гр}}$ и расчетный напор над гребнем H ,

$$H = \cdot h_1 - h_{\text{гр}} \quad (9.3)$$

где h_1 - глубина воды в коллекторе, $h_1 = D_1 = 0,8$ м;

$h_{\text{гр}}$ - высота гребня водослива

$$h_{\text{гр}} = h_2 + \zeta_{\text{вх}} \frac{v_2^2}{2g} \quad (9.4)$$

$$h_{\text{гр}} = 0,5 + 0,5 \frac{1,19^2}{2 \cdot 9,81} = 0,54 \text{ м}$$

где h_2 - глубина потока в отводящем трубопроводе, $h_2 = D_2 = 0,5$ м;

v_2 - скорость потока в отводящем трубопроводе, $v_2 = 1,19$ м/с

ζ - коэффициент сопротивления на входе, $\zeta = 0,5$

Определяем коэффициент расхода по формуле

$$m = 0,38 \cdot 0,03 \frac{H}{h_{\text{гр}}} \quad (9.5)$$

Находим длину гребня водослива

$$l = \frac{Q_{\text{сбр}}}{m \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}} \quad (9.6)$$

где $Q_{\text{сбр}}$ - расход сбрасываемый через водослив, $(Q_p - Q_{\text{lim}})$, $\text{м}^3/\text{с}$

Исходя из длины водослива и требований СНиП 2.04.03-85. (Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения / Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 1986) принимаем круглую в плане камеру из сборных железобетонных стеновых колец КС диаметром $D_{\text{кам}} =$ мм.

Пример расчета:

$$Q_{\text{lim}} = 0,43 \cdot 510 = 219 \text{ л/с} \quad (9.1)$$

$$Q_{\text{сбр}} = 0,510 - 0,219 = 0,291 \text{ м}^3/\text{с} \quad (9.2)$$

$$H = 0,8 - 0,54 = 0,26 \text{ м} \quad (9.3)$$

$$h_{\text{гр}} = 0,5 + 0,5 \frac{1,19^2}{2 \cdot 9,81} = 0,54 \text{ м} \quad (9.4)$$

$$m = 0,38 + 0,03 \frac{0,26}{0,54} = 0,39 \quad (9.5)$$

$$I = \frac{0,291}{0,39 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,26^{3/2}}} = 1,27 \text{ м} \quad (9.6)$$

Принимаем круглую в плане камеру из сборных железобетонных стеновых колец КС диаметром $D_{\text{кам}} = 1500$ мм.

Тесты по ВОДООТВЕДЕНИЮ

1. Условия расположения коллекторов дождевой сети благоприятные

- а) бассейн площадью более 150 га имеет плоский рельеф местности с уклоном 0,005 и менее, коллектор проходит в нижней части склона по тальвегу
- б) коллектор проходит в нижней части склона, и площадь бассейна стока превышает 150 га; коллектор проходит по тальвегу с крутыми склонами
- в) бассейн стока имеет площадь не более 150 га и плоский рельеф при среднем уклоне поверхности 0,005 и меньше, коллектор проходит по водоразделу или в верхней части склона

2. Канализационное сооружение с фильтрующим слоем из щебня или шлака называют

- а) аэротенк
- б) поле орошения
- в) резервуар
- г) биофильтр

3. Сеть, состоящая из лотков и каналов, по которым дождевые воды удаляются за пределы населенных пунктов и промышленных предприятий, сооружают при малой плотности застройки, малом населении и малом количестве осадков, это

- а) сеть закрытого типа
- б) смешанная сеть
- в) открытая сеть

4. Трассирование сетей водоотведения

- а) это выбор наиболее целесообразного расположения трубопроводов и изображение их осей на плане объекта водоотведения
- б) это сбор и отвод дождевых и талых вод от жилых домов и прилегающих территорий
- в) это система коммуникаций для благоустройства зданий

5. Как называется прочистка, применяющая стальную проволоку диаметром 8-9 мм с наконечником в виде шарика или кольца. Проволоку вводят через опущенную в затопленный колодец и закрепленную винтовым зажимом направляющую трубу

- a) механическая прочистка
- b) гидродинамическая прочистка
- c) аварийная прочистка

6. Канализационное сооружение в котором тяжелые частицы опускаются на дно, а легкие всплывают называют

- a) аретенк
- b) отстойник
- c) резервуар
- d) биофильтр

7. Систему канализации, при которой бытовые и наиболее загрязненные дождевые воды направляют в бытовую сеть, отводящая их на очистные сооружения, а при ливнях сравнительно чистые дождевые воды сбрасываются непосредственно в водоем, называют

- a. полусплавная
- b. раздельная
- c. полураздельная
- d. общесплавная

8. При устройстве дворовой сети для бытовых сточных вод применяют керамические трубы наименьшего диаметра

- a. 150 мм
- b. 50 мм
- c. 200 мм
- d. 100 мм

9. Отводная линия от ванны выполняется из чугунных или полимерных труб диаметр

- a. 150 мм
- b. 100 мм
- c. 25 мм
- d. 50 мм

10. Устройство на коллекторах, выполненное в виде косого тройника и закрываемое заглушкой, называют

- a. заглушка
- b. ревизия
- c. сифон
- d. прочистка

11. Выпуск с гидрозатвором может быть размещен в углу чаши такого санитарного прибора как

- a. ванна
- b. раковина.
- c. умывальник
- d. мойка

12. Систему канализации, при которой все виды сточных вод отводят по одной общей сети трубопроводов на очистные сооружения, называют

- полураздельная
- b. раздельная
- c. общесплавная
- d. полусплавная

13. Во вспомогательных помещениях, где необходимо смыть грязную воду и мыть уборочный инвентарь устанавливают такой санитарный прибор как

- a. раковина
- b. поддон
- c. напольная чаша
- d. Трап

14. Мойки устанавливают на высоте от пола до борта прибора

- a. 600 мм
- b. 800 мм
- c. 700 мм
- d. 850 мм

15. Укажите правильную технологическую последовательность монтажа унитаза

a. разметка, очистка, нанесение клея, установка унитаза, крепление бачка, присоединение водопровода, присоединение к канализации, установка сиденья

- b. разметка, очистка, нанесение клея, крепление бачка, установка унитаза, присоединение к канализации, присоединение водопровода, установка сиденья
- c. установка сиденья, разметка, очистка, нанесение клея, установка унитаза, крепление бачка, присоединение к канализации, присоединение водопровода
- d. разметка, очистка, нанесение клея, установка унитаза, крепление бачка, присоединение к канализации, присоединение водопровода, установка сиденья

16. Систему канализации, при которой отдельные виды сточных вод отводятся самостоятельными канализационными сетями на очистные сооружения, называют

- a. полусплавная
- b. раздельная
- c. общесплавная
- d. полураздельная

17. Изогнутая труба, заполненная водой слоем $H_3 = 60$ мм

- a. прочистка
- b. сифон
- c. заглушка
- d. ревизия

18. Водораспределительный желоб входит в состав такого санитарного прибора как

- a. умывальник
- b. ванна
- c. душевая кабина
- d. Унитаз

19. На подстолье устанавливают такой санитарный прибор как

- a. умывальник
- b. раковина
- c. мойка
- d. питьевой фонтанчик

20. Расстояние от низа ванны от пола должно составлять

- a. 135 мм
- b. 115 мм
- c. 125 мм
- d. 145 мм

21. Укажите правильную технологическую последовательность монтажа умывальника

- a. закрепление выпуска, разметка, установка скобы, установка умывальника, присоединение умывальника к отводной линии
- b. разметка, установка скобы, закрепление выпуска, присоединение умывальника к отводной линии, установка умывальника
- c. разметка, установка скобы, установка умывальника, присоединение умывальника к отводной линии, закрепление выпуска
- d. разметка, установка скобы, установка умывальника, закрепление выпуска, присоединение умывальника к отводной линии

22. При каком соотношении БПК₂₀ / ХПК, % сточные воды относятся к бытовым

- a. < 50
- b. 60
- c. 86
- d. > 90

23. Верхнюю образующую свода трубы без воды называют

- a. карман
- b. шельга
- c. лоток
- d. колодец

24. При каком соотношении БПК₂₀ / ХПК, % сточные воды относятся к производственным

- a. 86
- b. > 90
- c. < 50
- d. 60

25. Отводная линия от унитаза выполняется из чугунных или полимерных труб диаметром

- a. 100 мм
- b. 50 мм
- c. 150 мм
- d. 25 мм

26. Устройства, препятствующие проникновению вредных газов из сети канализации в помещение, называют

- a. б) ревизия
- b. сифон
- c. прочистка
- d. заглушка

27. Загрязненную воду с пола помещений собирает такой санитарный прибор как

- a. уринал
- b. трап
- c. раковина
- d. видуар

28. Умывальники устанавливают в жилых и общественных зданиях на высоте от пола

- a. 800 мм
- b. 600 мм
- c. 700 мм
- d. 500 мм

29. Канализационное сооружение через которое протекает осветленная сточная жидкость с подмешанным активным илом-хлопьями, содержащими много микроорганизмов, называют:

- a. биофильтр
- b. аэротенк
- c. поле орошения
- d. Резервуар

30. Для прочистки и осмотра дворовой канализационной сети на трубопроводах устанавливают

- a. колодец
- b. шельгу
- c. лоток
- d. карман

Список использованной литературы:

1. Гудков А.Г. Инженерные системы и сооружения водоотведения. Ч. 3. Сооружения на водоотводящих сетях: методические указания к курсовому проекту. Вологда: ВоТТУ, 2013. 60 с.
2. Свистунов Ю.А. Водоотведение и очистка сточных вод: курс лекций для студентов специальности «Инженерные системы сельскохозяйственного водоснабжения, обводнения и водоотведения» Ч. I. Краснодар: Куб. ГАУ, 2007. 117 с.
3. Кащенко О.В., Жакевич М.О., Земскова В.А. Проектирование водоотводящих сетей населенного пункта [Электронный ресурс]: учеб. пособие. Н. Новгород: ННГАСУ, 2016. 106 с. 1 электрон. опт. диск (CD-R).

Учебное издание

Зверева Людмила Алексеевна

ВОДООТВЕДЕНИЕ СТОЧНЫХ ВОД

учебно-методическое пособие для выполнения практических работ
студентами направления подготовки
20.03.02 Природообустройство и водопользование

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 02.07.2021 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 3,83. Тираж 25 экз. Изд. № 6979.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ