

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

к практическим занятиям

Тема 1. Анализ нормативных правовых актов и нормативно-технической документации в сфере водоотведения

Необходимо изучить следующие основные нормативно-правовые акты в области водоотведения:

- 1) Федеральный закон «О водоснабжении и водоотведении» №416-ФЗ от 07.12.2011. Документ нормирует, регулирует следующие основные вопросы:
 - ✓ Цели и принципы государственной политики в сфере водоснабжения и водоотведения (Государственная политика в сфере водоснабжения и водоотведения направлена на достижение следующих целей: охраны здоровья населения и улучшения качества жизни населения путем обеспечения бесперебойного и качественного водоснабжения и водоотведения; повышения энергетической эффективности путем экономного потребления воды; снижения негативного воздействия на водные объекты путем повышения качества очистки сточных вод; обеспечения доступности водоснабжения и водоотведения для абонентов за счет повышения эффективности деятельности организаций ВКХ; создание условий для привлечения инвестиций в сферу водоснабжения и водоотведения);
 - ✓ Полномочия органов власти (утверждение основ ценообразования, утверждение правил регулирования тарифов в сфере ВиВ, утверждение требований к проведению технического обследования централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и водоотведения);
 - ✓ Общие правила осуществления водоснабжения и водоотведения (заключение договоров между организацией ВКХ и абонентом, привлечение к ответственности абонентов, осуществляющих выпуск

неочищенных (неприемлемого качества) сточных вод в водные объекты, особенности приема сточных вод в централизованную канализацию, порядок установления ПДК загрязняющих веществ в составе сточных вод);

- ✓ Договор водоотведения (существенными условиями договора водоотведения являются: предмет договора, режим приема сточных вод, порядок учета принимаемых сточных вод, условия прекращения или ограничения приема сточных вод, места и порядок отбора проб сточных вод, сроки и порядок оплаты по договору, права и обязанности сторон по договору);
- ✓ Инвестиционные программы (инвестиционная программа должна содержать: объем финансовых потребностей, необходимых для реализации инвестиционной программы, с указанием источников финансирования; график реализации мероприятий инвестиционной программы; расчет эффективности инвестирования средств; перечень мероприятий по строительству новых, реконструкции и (или) модернизации существующих объектов централизованных систем водоснабжения и (или) водоотведения, включая мероприятия, необходимые для подключения (технологического присоединения) новых абонентов).

2) Водный кодекс РФ от 03.06.2006 № 74-ФЗ. Сферы регулирования:

- ✓ Водное законодательство (нормы, регулирующие отношения по использованию и охране водных объектов);
- ✓ Основные принципы водного законодательства (значимость водных объектов в качестве основы жизни и деятельности человека; приоритет охраны водных объектов перед их использованием; сохранение особо охраняемых водных объектов; целевое использование водных объектов; участие граждан, общественных объединений в решении вопросов, касающихся прав на водные объекты);

- ✓ Взаимоотношения между участниками водных отношений (Участниками водных отношений являются Российская Федерация, субъекты Российской Федерации, муниципальные образования, физические лица, юридические лица).

3) Постановление Правительства Российской Федерации от 22.05.2020 г. № 728 «Об утверждении Правил осуществления контроля состава и свойств сточных вод и о внесении изменений и признании утратившими силу некоторых актов Правительства Российской Федерации». Устанавливает:

- ✓ Правила осуществления контроля состава и свойств сточных вод (периодичность контроля состава и свойств сточных вод, Визуальный контроль, отбор проб сточных вод и анализ отобранных проб сточных вод, Результаты контроля состава и свойств сточных вод, формы актов отбора проб);

4) Постановление Правительства Российской Федерации от 04.09.2013 № 776 «Об утверждении Правил организации коммерческого учета воды, сточных вод». Устанавливает требования в отношении:

- ✓ расходомеров сточных вод для зданий и сооружений, не относящихся к жилому фонду;
- ✓ получения технических условий на проектирование узла учета;
- ✓ эксплуатации узлов учета.

Основная нормативно-техническая документация в сфере водоотведения:

1) СП 32.13330.2018 Свод правил «Канализация. Наружные сети и сооружения». Содержит сведения по:

- ✓ Определению расходов сточных вод (бытовых, атмосферные);
- ✓ Гидравлическому расчету трубопроводов;
- ✓ Нормам проектирования сооружений на водоотводящих сетях (смотровые колодцы, перепадные колодцы, дождеприемники, выпуски и ливнеотводы, дюкеры);

- ✓ Проектированию канализационных насосных станций.

2) СП 272.1325800.2016 Свод правил «Системы водоотведения городские и поселковые. Правила обследования». Устанавливает правила в отношении:

- ✓ Технических обследований сетей и сооружений водоотведения: сроки, приборы и аппаратура, периодичность, виды обследований;
- ✓ Порядка регистрации повреждений систем канализации;
- ✓ Формы отчета по обследованию.

3) СП 399.1325800.2018 Свод правил «Системы водоснабжения и канализации наружные из полимерных материалов. Правила проектирования». Нормирует:

- ✓ Выбор типа материала, фасонных элементов;
- ✓ Монтаж трубопроводов: способы прокладки, глубины заложения, основания под трубопроводы;
- ✓ Гидравлический расчет трубопроводов, расчет на прочность;
- ✓ Порядок реконструкции трубопроводов.

4) СТО НОСТРОЙ 2.17.66-2012 «Освоение подземного пространства. Коллекторы и тоннели канализационные». Включает:

- ✓ Правила проектирования и строительства коллекторов диаметром от 1000 мм;
- ✓ Требования к инженерно-геологическим изысканиям для строительства коллекторов;
- ✓ Требования к выбору материалов;
- ✓ Правила пересечения с инженерными коммуникациями;
- ✓ Правила устройства сооружений на коллекторах (колодцы);
- ✓ Методику геотехнического прогноза при строительстве по застроенной территории;
- ✓ Методики расчетов: усилий на продавливание (бестраншейные технологии), физико-механические характеристики труб;
- ✓ Порядок гидравлических испытаний.

Дополнительные комментарии по нормативно-технической и правовой документации в сфере водоотведения см.:

Тема 2. Определение характеристики сточных вод и режима их поступления в водоотводящие сети

Примеры решения типовых задач

Задача 2.1

По приведенной качественной характеристике сточной воды определить ее вид:

- ✓ Взвешенные вещества: 340 мг/л
- ✓ БПК: 340 мгО₂/л
- ✓ ХПК: 510 мгО₂/л

Ответ: бытовые сточные воды.

Задача 2.2

По приведенной качественной характеристике сточной воды определить ее вид:

- ✓ Взвешенные вещества: 1000 мг/л
- ✓ БПК: 60 мгО₂/л
- ✓ нефтепродукты: 20 мг/л

Ответ: дождевой сток с магистральной улицы.

Задача 2.3

По приведенной качественной характеристике сточной воды определить ее вид:

- ✓ Взвешенные вещества: 15 мг/л
- ✓ БПК: 8 мгО₂/л
- ✓ нефтепродукты: 0,5 мг/л

Ответ: дождевой сток с кровли здания.

Задача 2.4

Бытовые сточные воды от базы отдыха поступают в канализационную насосную станцию (КНС). Максимальный суточный расход сточных вод (СВ) составляет $78 \text{ м}^3/\text{сут}$. График притока сточных вод от базы отдыха представлен в табл. 2.1. Из КНС стоки перекачиваются в резервуар-усреднитель, после которого отправляются на канализационные очистные сооружения города. Режим работы КНС: с 7:00 до 12:00 ч, а также с 15:00 до 19:00 ч производительность составляет 7,2 %, в остальные часы – 2,35 %. Определить требующийся объем приемной камеры КНС.

Таблица 2.1

График притока бытовых сточных вод

Часы суток	Приток СВ	Часы суток	Приток СВ	Часы суток	Приток СВ
0-1	1,25	8-9	7,5	16-17	6,3
1-2	1,25	9-10	7,5	17-18	6,3
2-3	1,25	10-11	7,5	18-19	6,3
3-4	1,25	11-12	6,4	19-20	5,25
4-5	1,25	12-13	3,7	20-21	3,4
5-6	3,3	13-14	3,7	21-22	2,2
6-7	5,0	14-15	4,0	22-23	1,25
7-8	7,2	15-16	5,7	23-24	1,25

Общий ход решения:

1. Составить совместный график притока сточных вод и работы насосов КНС согласно заданным условиям (табл. 2.1).
2. Определяя разность между значениями притока СВ и их откачкой из КНС, найти максимальный остаток в приемной емкости КНС по итогам суток.
3. Определить требующийся объем приемной камеры КНС, найдя произведение величины максимального остатка в емкости КНС на максимальный суточный расход СВ от объекта.

Дополнительные пояснения хода решения задачи и комментарии к ней см.:

Тема 3. Выбор схемы водоотводящих сетей для населенных пунктов

Разновидности схем водоотведения населенных пунктов:

Централизованные:

- ✓ Пересеченная схема (централизованная)
- ✓ Параллельная схема (всеременная)
- ✓ Зонная схема

Децентрализованные:

- ✓ Перпендикулярная схема
- ✓ Радиальная схема

Принципы трассировки водоотводящих сетей:

1. Территория населенного пункта линиями водоразделов условно делится на бассейны водоотведения;
2. По пониженным зонам бассейнов водоотведения прокладывается водоотводящий коллектор;
3. Коллекторы бассейнов водоотведения перехватываются главным коллектором, который направляет сточные воды на очистные сооружения;

Задача

Для представленного на рис. 3.1 генерального плана населенного пункта разработать схему водоотводящих сетей.

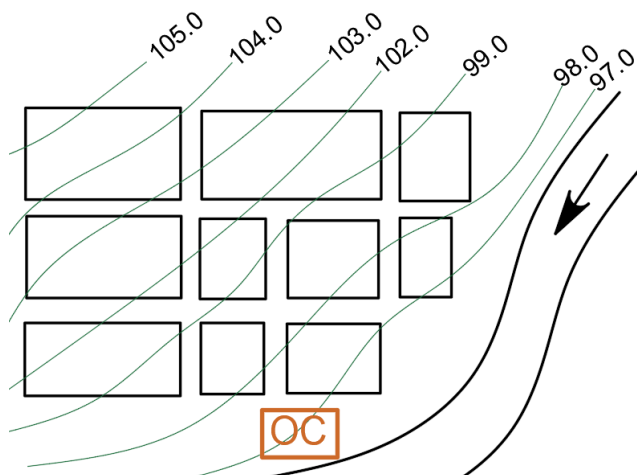


Рисунок 3.1. Генеральный план населенного пункта: ОС – площадка очистных сооружений канализации

Общий ход решения:

1. Проанализировать гидрогеологические условия местности, на основании которых принять решение о расположении площадки очистных сооружений и выпуска очищенных сточных вод в поверхностный водоисточник (в условиях данной задачи размещение очистных сооружений уже определено).

2. Проанализировать топографические особенности территории. В целях сокращения объемов земляных работ, а также минимизации количества канализационных насосных станций, водоотводящие трубопроводы следует трассировать вдоль направления снижения отметок рельефа местности.

3. Нанести на план коллекторы бассейнов водоотведения.

4. Нанести линию главного водоотводящего коллектора, который будет отводить стоки от отдельных коллекторов бассейнов водоотведения на территорию очистных сооружений канализации.

Дополнительное подробное описание хода решения задачи см.:

Тема 4. Трассировка уличной водоотводящей сети

Типы трассировки уличных водоотводящих сетей:

- ✓ Объемлющая трассировка;
- ✓ Трассировка по пониженной грани кварталов.

Задача

По представленному генеральному плану населенного пункта (рис. 4.1) осуществить трассировку водоотводящих сетей бытовой канализации. Показать площадку очистных сооружений.

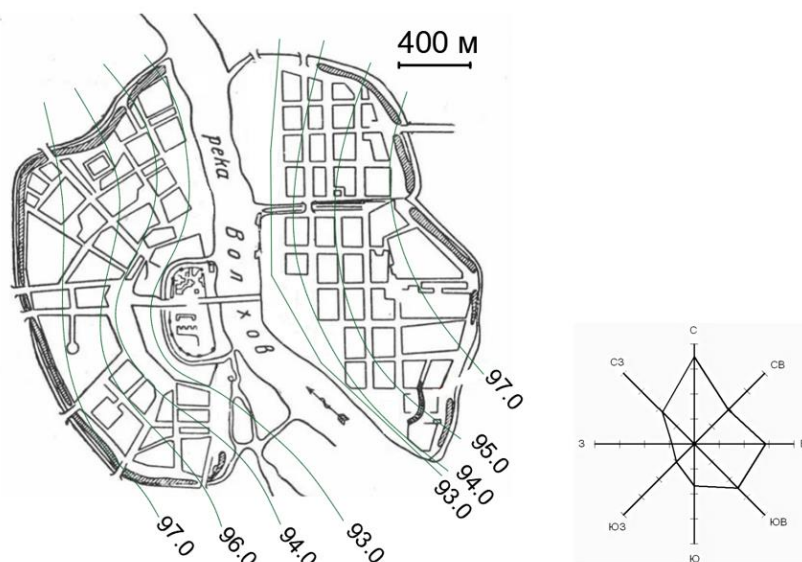


Рисунок 4.1. Генеральный план населенного пункта

Общий ход решения:

1. Проанализировать генеральный план населенного пункта. Обратит внимание на то, что территория рекой разделяется на два бассейна канализования (первый – располагающийся на правом берегу реки, второй – располагающийся на левом берегу реки). Следовательно, для заданных условий наиболее оптимальна зонная схема водоотведения.

2. Принять решение о расположении канализационных очистных сооружений. Оптимальным вариантом является размещение их на севере населенного пункта (с учетом направления течения реки, ветрового режима), на правом берегу реки (первый район больше по площади, следовательно, расход сточных вод от него будет выше, чем от второго района).

3. Выполнить трассировку главного водоотводящего коллектора вдоль правого берега реки.

4. Выполнить трассировку водоотводящего коллектора вдоль левого берега реки, который будет обслуживать второй бассейн водоотведения.

5. На севере населенного пункта (до очистных сооружений) пересечь реку коллектором второго бассейна водоотведения. В качестве возможных вариантов преодоления водной преграды рассмотреть возможность устройства

дюкера или напорных водоводов (с устройством канализационной насосной станции).

6. Осуществить присоединение коллектора второго бассейна водоотведения к главному водоотводящему коллектору.

7. Оценить величины уклонов рельефа первого и второго бассейнов водоотведения. На участках, где уклон рельефа местности не менее 0,007, выполнить трассировку уличных водоотводящих сетей по пониженной грани квартала. На участках, где уклон рельефа не превышает 0,005 отдать предпочтение объемлющей трассировке уличных водоотводящих сетей.

8. Линии уличных водоотводящих сетей следует проводить между кварталами до линий коллекторов бассейнов водоотведения.

Дополнительные детальные пояснения хода решения задачи и комментарии к ней см.:

Тема 5. Определение расчетных расходов бытовых сточных вод населенных пунктов

Среднесуточный расход бытовых сточных вод от жилых кварталов населенного пункта рассчитывается по формуле:

$$Q_{mid} = \frac{N \cdot q_6}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (5.1)$$

где N – численность населения, чел.; q_6 – удельная норма водоотведения от жилой застройки, л/(сут·чел).

Численность населения может быть определена по формуле:

$$N = F \cdot P, \text{ человек}, \quad (5.2)$$

где F – площадь жилой застройки, га; P – плотность населения, чел/га.

Удельная норма водоотведения от жилой застройки (с учетом норм СП 30.13330.2020):

- ✓ Жилые дома с водопроводом, канализацией и ваннами с газовыми водонагревателями: 120 л/(сут·чел);
- ✓ Жилые дома с централизованным горячим водоснабжением, оборудованные умывальниками, мойками и душами: 130 л/(сут·чел);

- ✓ Жилые дома с централизованным горячим водоснабжением, оборудованные ваннами: 160-180 л/(сут·чел).

Среднесекундный расход бытовых сточных вод от жилых кварталов населенного пункта рассчитывается по формуле:

$$q_{mid} = \frac{Q_{mid}}{24 \cdot 3600} \cdot 1000, \text{ л/с.} \quad (5.3)$$

Модуль стока вычисляется по формуле:

$$q_0 = \frac{P \cdot q_6}{24 \cdot 3600}, \text{ л/(с·га).} \quad (5.4)$$

Среднесуточное количество бытовых сточных вод с учетом предприятий местной промышленности (при отсутствии точных данных о количестве сточных вод от промышленных объектов):

$$Q_{mid}^0 = 1,05 \cdot Q_{mid}, \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (5.5)$$

Примечание: использование формулы 5.5 допустимо при выполнении укрупненных расчетов.

Задача

В населенном пункте 20 тыс. человек. Удельная норма водоотведения составляет 210 л/сут·чел. Площадь территории населенного пункта – 33 га. Определить средний суточный, средний секундный расход бытовых сточных вод от населенного пункта, а также модуль стока с территории населенного пункта.

Общий ход решения:

1. Определить среднесуточный расход сточных вод от населенного пункта (по формуле 5.1).
2. Определить среднесекундный расход сточных вод (по формуле 5.3).
3. Зная удельную норму водоотведения от жилой застройки, число жителей и площадь территории, рассчитать модуль стока (формула 5.4).

Дополнительное подробное описание хода решения задачи см.:

Тема 6. Определение расчетных расходов бытовых сточных вод промышленных предприятий

Расход бытовых сточных вод, образующихся в санитарно-бытовых помещениях, столовых промышленного предприятия:

$$Q_{\text{быт}} = \frac{N \cdot q_{\text{уд}}}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (6.1)$$

где N – количество рабочих на предприятии, чел.; $q_{\text{уд}}$ – удельная норма водоотведения в расчете на одного рабочего, (л/сут)·чел.

Удельная норма водоотведения в расчете на одного рабочего в зависимости от величины тепловыделения в рабочих цехах:

- ✓ $q_{\text{уд}} = 25$ (л/сут)·чел – для «холодных» цехов
- ✓ $q_{\text{уд}} = 45$ (л/сут)·чел – для «горячих» цехов

Расход сточных вод, образующихся в душевых помещениях промышленного предприятия:

$$Q_{\text{душ}} = \frac{q_{\text{д}} \cdot S \cdot T}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (6.2)$$

где $q_{\text{д}}$ – расход сточных вод через одну душевую сетку, л/час (принимается 500 л/ч); S – количество душевых сеток; T – количество рабочих смен в сутки на промышленном предприятии.

Количество душевых сеток определяется по формуле:

$$S = \frac{N'}{K}, \text{ сеток} \quad (6.3)$$

где N' – количество рабочих на предприятии в смену, принимающих душ, чел.; K – норма человек на одну душевую сетку, чел/сетка.

Норма количества человек на одну душевую сетку:

- ✓ $K = 7$ чел/сет. – для холодных цехов
- ✓ $K = 15$ чел/сет. – для горячих цехов

Общий суммарный расход хозяйственно-бытовых сточных вод от предприятия:

$$Q_{\text{х.б.}} = Q_{\text{быт}}^{\text{гор}} + Q_{\text{быт}}^{\text{хол}} + Q_{\text{душ}}^{\text{гор}} + Q_{\text{душ}}^{\text{хол}}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (6.4)$$

где $Q_{\text{быт}}^{\text{гор}}$ – расход бытовых сточных вод от горячего цеха, м³/сут; $Q_{\text{быт}}^{\text{хол}}$ – расход бытовых сточных вод от холодного цеха, м³/сут; $Q_{\text{душ}}^{\text{гор}}$ – расход душевых

сточных вод от горячего цеха, м³/сут; $Q_{душ}^{хол}$ – расход душевых сточных вод от холодного цеха, м³/сут.

Задача

Общая численность рабочих завода составляет 350 человек. Завод работает в 3 смены. Количество работников в «горячем» цеху – 50 % от общей численности, остальные – работники «холодных» цехов. На 1 душевую сетку в «горячем» цехе предусматривается 7 человек, в «холодном» - 12 человек. Все работники «горячего» цеха принимают душ, в «холодном» цехе таковых только 30 %. Определить общий средний суточный расход хозяйственно-бытовых сточных вод от завода (бытовых и душевых).

Общий ход решения:

1) Определить среднесуточный расход бытовых сточных вод от «горячего» и «холодного» цехов (формула 6.1);

2) Рассчитать требуемое количество душевых сеток для «горячего» и «холодного» цехов (формула 6.3);

3) Определить среднесуточный расход душевых сточных вод от «горячего» и «холодного» цехов (формула 6.2);

4) Определить общий суммарный расход хозяйственно-бытовых сточных вод от завода (формула 6.4).

Дополнительные пояснения хода решения задачи и комментарии к ней см.:

Тема 7. Гидравлический расчет водоотводящей сети

Средний секундный расход бытовых сточных вод на расчетном участке сети может быть определен по формуле:

$$q_{mid}^i = F_i \cdot q_0, \text{ л/с} \quad (7.1)$$

где q_0 – модуль стока от кварталов с жилой застройкой, л/(с·га);

F_i – площадь канализируемых кварталов с жилой застройкой.

С учетом возможности поступления в расчетный участок канализационной сети сточных вод от боковых присоединений и вышележащих участков, средний секундный расход бытовых сточных вод на расчетном участке сети может быть определен по формуле:

$$q_{mid}^i = q_{поп}^i + q_{тран}^i + q_{бок}^i, \text{ л/с} \quad (7.2)$$

где $q_{поп}^i$ – расход воды от прилегающих к расчетному участку кварталов, л/с; $q_{тран}^i$ – расход воды, приходящий с вышележащего участка, л/с; $q_{бок}^i$ – расход воды, приходящий в начале расчетного участка от присоединяемых боковых веток, л/с.

Максимальный секундный расход бытовых сточных вод на расчетном участке сети может быть определен по формуле:

$$q_{max}^i = K_{gen.max} \cdot q_{mid}^i + q_{соср}^i, \text{ л/с} \quad (7.3)$$

где $K_{gen.max}$ – общий максимальный коэффициент неравномерности притока сточных вод (определяется по табл. 1 СП 32.13330.2018 при 5 % - ной обеспеченности); $q_{соср}^i$ - сосредоточенный расход сточных вод на расчетном участке сети, л/с.

Диаметр трубопроводной сети следует подбирать по величине расчетного расхода сточных вод на участке сети:

$$q_{cit}^i = q_{max}^i, \text{ л/с} \quad (7.4)$$

Задача

На рис. 7.1 представлена трассировка водоотводящих сетей в жилом районе. Размеры кварталов 1 и 2 одинаковы. Размеры кварталов 3, 4, 5, 6 одинаковы. Размеры кварталов 7 и 8 одинаковы. Плотность населения в жилом районе - 210 чел/га, удельная норма водоотведения – 200 л/(сут·чел). Определить среднесекундные расходы бытовых сточных вод на участках 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, а также максимальный секундный расход бытовых сточных вод на участке 4-5.

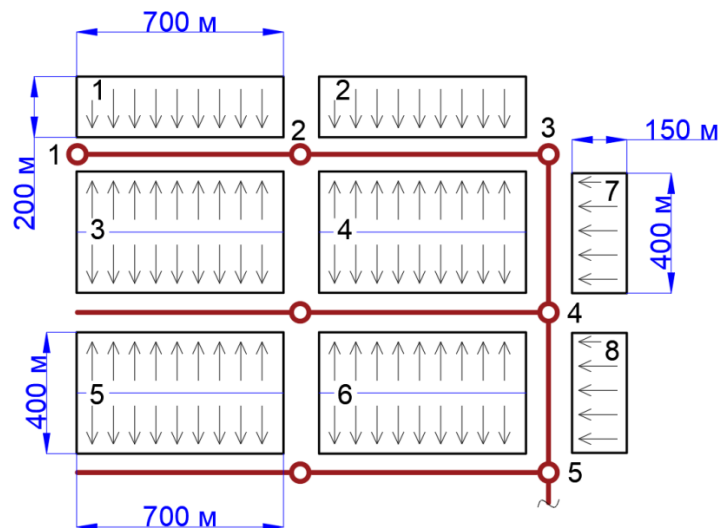


Рисунок 7.1. Трассировка водоотводящих сетей жилого района города

Общий ход решения:

- 1) Определить площади кварталов согласно заданным размерам на рис. 7.1;
- 2) Вычислить модуль стока, который будет одинаковым для всех кварталов;
- 3) Для участка водоотводящей сети 1-2 определить среднесекундный расход сточных вод (формула 7.2), как сумму слагаемых – попутного, транзитного и бокового расхода. Ввиду того, что транзитный и боковой расходы на участке 1-2 равны 0, среднесекундный расход стоков будет определяться попутным расходом;
- 4) Для участка водоотводящей сети 2-3 определить среднесекундный расход сточных вод (формула 7.2), как сумму слагаемых – попутного, транзитного и бокового расхода. Ввиду того, что боковой расход на участке 2-3 равен 0, среднесекундный расход стоков будет определяться суммой попутного и транзитного расходов;
- 5) Для участка водоотводящей сети 3-4 определить среднесекундный расход сточных вод (формула 7.2), как сумму слагаемых – попутного, транзитного и бокового расхода. Ввиду того, что боковой расход на участке 3-4 равен 0, среднесекундный расход стоков будет определяться суммой попутного и транзитного расходов;

6) Для участка водоотводящей сети 4-5 определить среднесекундный расход сточных вод (формула 7.2), как сумму слагаемых – попутного, транзитного и бокового расхода. Боковой расход для участка 4-5 будет равен среднесекундному расходу сточных вод на участке 2-3;

7) Для определения максимального секундного расхода сточных вод на участке 4-5 необходимо умножить величину среднесекундного расхода на данном участке на общий максимальный коэффициент неравномерности притока сточных вод (формула 7.3).

Дополнительное описание хода решения задачи см.:

Тема 8. Построение профиля водоотводящей сети

Построение продольного профиля канализации выполняется в соответствии с ГОСТ 21.704-2011 «Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации наружных сетей водоснабжения и канализации».

Продольные профили сетей изображают в виде разверток по осям трубопроводов.

Над профилем указывают:

- надземные сооружения (например, эстакады, насосные станции);
- глубину заложения трубопроводов от планировочной поверхности земли до низа трубопровода - для напорных трубопроводов и до лотка трубопровода - для самотечных.

На продольный профиль наносят:

- поверхность земли (проектную - тонкой сплошной линией, натурную - тонкой штриховой линией);
- уровень грунтовых вод - тонкой штрихпунктирной линией;
- существующие и проектируемые пересекаемые автомобильные дороги, железнодорожные, трамвайные и крановые пути, кюветы, подземные

инженерные сооружения и сети, влияющие на прокладку проектируемых трубопроводов, - с указанием их габаритных размеров и высотных отметок;

- данные о грунтах. В зависимости от протяженности трубопровода и характера напластования данные о грунтах приводят условными обозначениями в соответствии с таблицами 4 и 5 ГОСТ 21.302 - либо колонками в отдельных точках (в местах заложения инженерно-геологических выработок), либо по всей трассе трубопровода;

- проектируемый трубопровод, колодцы, дождеприемники, камеры и подземные части зданий и сооружений, связанные с проектируемым трубопроводом;

- футляры на трубопроводах с указанием диаметров, длин и привязок их к оси дорог или проектируемым сетям и сооружениям.

Трубопроводы изображают двумя линиями, если их диаметры в соответствующем масштабе равны 2 мм и более.

Перечень вышеуказанных данных для прокладки трубопровода приводят в таблице (сетке), помещаемой под продольным профилем. Боковик таблицы для подземной прокладки сетей выполняют по форме рис. 8.1.

Проектная отметка низа трубы или низа лотка колодца, м	15
Проектная отметка земли, м	15
Натурная отметка земли, м	15
Обозначение трубы и тип изоляции	15
Основание	10
Уклон, ‰; длина, м	10
Расстояние, м	10
Номер колодца, точки, угла поворота	10
60	

Рисунок 8.1. Форма боковика таблицы продольного профиля (согласно ГОСТ 21.704-2011)

Пример построения продольного профиля представлен на рис. 8.2.

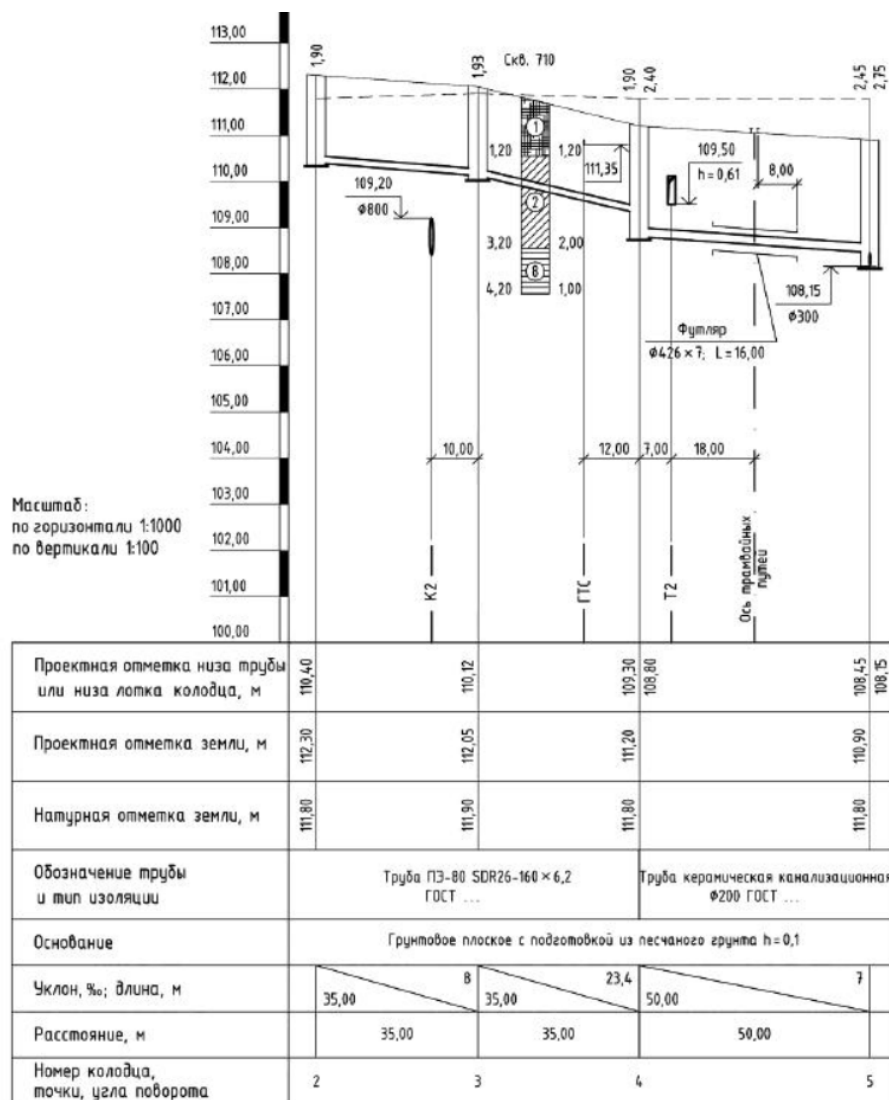


Рисунок 8.2. Пример выполнения продольного профиля самотечной водоотводящей сети

Дополнительное описание и комментарии к выполнению продольного профиля см.:

Тема 9. Гидравлический расчет дюкера. Методика расчета

Порядок гидравлического расчета дюкера:

1. Принимается решение о количестве линий дюкера.
2. Выбирается материал трубопроводов.
3. Определяется расход в каждой линии дюкера q_1 , л/с, по формуле:

$$q_1 = \frac{q}{n}, \text{ л/с.}$$

где q - расчетный расход воды, проходящей через дюкер, л/с; n - количество рабочих линий дюкера.

4. По таблицам пропускной способности труб круглого сечения при их полном заполнении (автор – Дикаревский В.С.) назначается диаметр труб дюкера с учетом обеспечения самоочищающей скорости.

5. Определяются общие потери напора в линии дюкера h , м, по формуле:

$$h = h_{\text{тр}} + h_{\text{м}}, \text{ м.}$$

где $h_{\text{тр}}$ – потери напора на трение по длине трубы, м; $h_{\text{м}}$ – потери напора в местных сопротивлениях, м.

6. Потери напора на трение по длине $h_{\text{тр}}$, м:

$$h_{\text{тр}} = i \cdot l, \text{ м.}$$

где i - гидравлический уклон; l – длина дюкера от верхней камеры дюкера (ВКД) до нижней камеры дюкера (НКД), м.

7. Потери напора в местных сопротивлениях составят:

$$h_{\text{м}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \text{ м,}$$

где h_1 – потери напора при входе воды в трубу, м, (значение принимается по справочным данным табл. 9.1); h_2 – потери напора при выходе из трубы, м (значение принимается по справочным данным табл. 9.2); h_3, h_4 – потери напора в углах поворота нисходящей и восходящей линии соответственно, м (значения принимаются по справочным данным табл. 9.3).

Таблица 9.1

Потери напора при входе в дюкер

Скорость, V_1 , м/с	Потери напора на входе при сопротивлениях		Скорость, V_1 , м/с	Потери напора на входе при сопротивлениях	
	$\xi_1=0,2$	$\xi_1=0,5$		$\xi_1=0,2$	$\xi_1=0,5$
1,0	0,0104	0,0255	1,6	0,0262	0,0655
1,1	0,0134	0,0335	1,7	0,0294	0,0735
1,2	0,0158	0,0395	1,8	0,033	0,0825
1,3	0,0173	0,0431	1,9	0,0368	0,092
1,4	0,020	0,050	2,0	0,0408	0,102
1,5	0,023	0,0575	2,5	0,078	0,195

Примечание: $\xi=0,2$ – для нормальной работы дюкера; $\xi=0,5$ – для аварийной работы дюкера.

Таблица 9.2

Потери напора на выходе из дюкера

Разность скоростей в дюкере и трубе за дюкером (V_1-V), м/с	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
Потери на выходе, h_2 , м	0,0012	0,0020	0,0032	0,0046	0,0063	0,0082
Разность скоростей в дюкере и трубе за дюкером (V_1-V), м/с	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
Потери на выходе, h_2 , м	0,0103	0,0128	0,0154	0,0184	0,0215	0,025
Разность скоростей в дюкере и трубе за дюкером (V_1-V), м/с	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0
Потери на выходе, h_2 , м	0,0287	0,0327	0,0368	0,0413	0,046	0,051

Примечание: V_1 – скорость течения воды в дюкере, м/с; V – скорость течения воды за дюкером, м/с.

Таблица 9.3

Потери на поворотах дюкера

Скорость, V_1 , м/с	Потери напора на поворотах, м		Скорость, V_1 , м/с	Потери напора на поворотах, м	
	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=20^\circ$		$\alpha=30^\circ$	$\alpha=20^\circ$
1,0	0,0104	0,0255	1,6	0,0262	0,0655
1,1	0,0134	0,0335	1,7	0,0294	0,0735
1,2	0,0158	0,0395	1,8	0,033	0,0825
1,3	0,0173	0,0431	1,9	0,0368	0,092
1,4	0,020	0,050	2,0	0,0408	0,102
1,5	0,023	0,0575	2,5	0,078	0,195

Примечание: $\alpha=30^\circ$ - для нисходящей линии; $\alpha=20^\circ$ - для восходящей линии.

8. Определяется отметка воды $Z_{\text{в}}^{\text{НКД}}$, м, в НКД по формуле:

$$Z_{\text{в}}^{\text{НКД}} = Z_{\text{в}}^{\text{ВКД}} - h, \text{ м},$$

где $Z_{\text{в}}^{\text{ВКД}}$ – отметка воды в верхней камере дюкера.

9. Определяем отметку лотка $Z_{л}^{НКД}$, м, в НКД по формуле:

$$Z_{л}^{НКД} = Z_{в}^{НКД} - h_a, \text{ м},$$

где h_a – высота слоя воды в трубе до дюкера, м.

10. Проверяется работоспособность дюкера в период аварии, т. е. когда одна из линий не эксплуатируется, а другая пропускает весь расчетный расход воды. Определяется $V_{ав}$, м/с, и $i_{ав}$.

11. Вычисляются потери напора по длине при аварии по формуле:

$$h_{(ав)тр} = i_{ав} \cdot l, \text{ м}.$$

12. Определяются местные потери напора при аварии:

$$h_{(ав)м} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \text{ м}.$$

При этом потери напора на выходе из трубы могут быть определены по формуле (при отсутствии табличных данных):

$$h_2 = \frac{(V_{ав} - V)^2}{2g}, \text{ м}.$$

13. Общие потери напора:

$$h_{ав} = h_{(ав)тр} + h_{(ав)м}, \text{ м}.$$

14. Вычисляется подпор воды в НКД Δh , м:

$$\Delta h = h_{ав} - h, \text{ м}.$$

НКД необходимо понизить на величину подтопления Δh , м.

15. Тогда фактическая отметка лотка $Z_{л(1)}^{НКД}$, м, может быть определена по формуле:

$$Z_{л(1)}^{НКД} = Z_{л}^{НКД} - \Delta h, \text{ м}.$$

16. Глубина НКД составит:

$$H^{НКД} = Z_{п.з.}^{НКД} - Z_{л(1)}^{НКД}, \text{ м}.$$

где $Z_{п.з.}^{НКД}$ - отметка поверхности земли у нижней камеры дюкера.

Дополнительное описание методики гидравлического расчета дюкера см.:

Тема 10. Гидравлический расчет дюкера. Пример расчета

Подробный разбор примера гидравлического расчета дюкера см.:

Тема 11. Проектирование сооружений на водоотводящих сетях

Задача

Рассчитать узловой колодец с одним присоединением.

Исходные данные: диаметры подводящих трубопроводов $D_y=200$ мм; диаметр отводящего трубопровода $D_y=300$ мм; отметка лотка трубы подводящего трубопровода $Z_{л1} = 96,625$ мм; отметка лотка трубы отводящего трубопровода $Z_{л2} = 96,525$ м. Колодец располагается вне проезжей части, отметка поверхности земли в месте расположения колодца $Z_{п.з.} = 100,00$ м.

Расчет и конструирование колодца:

1. Определяем глубину колодца H по формуле:

$$H = Z_{п.з.} - Z_{л2};$$

$$H = 100,00 - 96,525 = 3,475 \text{ м} = 3475 \text{ мм.}$$

Так как колодец находится вне проезжей части, то люк располагается на 50 мм выше поверхности земли. Общая глубина колодца составит:

$$H_1 = H + 50 = 3475 + 50 = 3525 \text{ мм.}$$

2. Принимаем диаметр колодца по наибольшему диаметру трубопровода (в нашем случае $D_y = 300$ мм). Ввиду того, что глубина колодца составляет более 3 м, принимаем $D_k = 1500$ мм.

3. Принимаем плиту днища в зависимости от диаметра колодца: марка конструкции ПН15; наружный диаметр плиты – 2000 мм.

4. Принимаем глубину лотка колодца в зависимости от диаметра отводящего трубопровода: $D_y = 300$ мм; $h_{л} = 400$ мм.

5. Принимаем высоту рабочей части $H_p = 1800$ мм. Высотой рабочей части считается высота от верха лотка (с учетом одного растворного слоя) до плиты перекрытия. Рабочую часть набираем с помощью двух колец марки КС15.9 (высота каждого кольца – 890 мм).

6. Определяем высоту горловины. Расчет горловины ведется от плиты перекрытия (включительно) до верха люка:

$$h_{г} = H_1 - (H_p + h_{л} + h_{п.с.}),$$

где $h_{p.c.}$ – общая высота растворного слоя между конструкциями, мм; $h_r = 3525 - (2 \cdot 890 + 400 + 3 \cdot 10) = 3525 - 2210 = 1315$ мм.

7. Производим набор элементов горловины. Горловина состоит из плиты перекрытия 1ПП15 (высота плиты 150 мм); стеновых колец с внутренним диаметром 700 мм; опорного кольца КО6 (высота кольца 70 мм); люка высотой 100 мм.

Принимаем 3 кольца марки КС7.3. Высота каждого – 290 мм (с учетом растворного слоя 3×10 мм). Остается 75 мм. Недостающую высоту набираем с помощью одного ряда кирпичной кладки.

8. Производим конструирование колодца по высоте (проверочный расчет):

Н ₁ = 3525	h _r = 1315	Люк	100
		Растворный слой	10
		Кирпичная кладка	65
		Растворный слой	10
		Кольцо опорное КО6	70
		Растворный слой	10
		Кольцо стеновое КС7.3	290
		Растворный слой	10
		Кольцо стеновое КС7.3	290
		Растворный слой	10
		Кольцо стеновое КС7.3	290
		Растворный слой	10
		Плита перекрытия 1ПП15	150
	Н _p = 2100	Растворный слой	10
		Кольцо стеновое КС 20.6	590
		Растворный слой	10
	h _л = 410	Кольцо стеновое КС 20.6	590
		Растворный слой	10
		Лоток	400
		ИТОГО:	3525

Дополнительное описание и комментарии к ходу решения задачи см.:

Тема 12. Проектирование канализационных насосных станций

Суточная производительность канализационной насосной станции определяется максимальным суточным расходом сточных вод:

$$Q_{\text{сут.мах}} = Q_{\text{mid}} \cdot K_{\text{сут.мах}}, \text{ м}^3/\text{сут}$$

где Q_{mid} – среднесуточный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{сут}$

$K_{\text{сут.мах}}$ – коэффициент максимальной суточной неравномерности (принимается равным 1,1...1,3 согласно СП 31.13330.2018).

Максимальный секундный расход сточных, поступающих на насосную станцию, определяется по формуле:

$$q_{\text{мах}} = K_{\text{ген.мах}} \cdot q_{\text{mid}}, \text{ л/с}$$

где $K_{\text{ген.мах}}$ – общий максимальный коэффициент неравномерности притока сточных вод, определяемый согласно табл. 1 СП 32.13330.2018 в зависимости от величины q_{mid} .

q_{mid} – среднесекундный расход сточных вод, л/с, определяемый по формуле:

$$q_{\text{mid}} = \frac{Q_{\text{mid}}}{24 \cdot 3600} \cdot 1000, \text{ л/с.}$$

Полный напор насосной станции определяется для режима наибольшей подачи (при максимальном секундном расходе сточных вод $q_{\text{мах}}$, л/с):

$$H = H_{\text{геом}} + h + h_{\text{зап}}, \text{ м}$$

где $H_{\text{геом}}$ – геометрическая высота подачи воды, м

h - общие потери напора, м

$h_{\text{зап}}$ – запас напора на излив (принимается равным 1 м).

Общие потери напора могут быть определены по формуле:

$$h = h_{\text{всас}} + h_{\text{нап}}, \text{ м}$$

где $h_{\text{всас}}$ – потери напора во всасывающем трубопроводе (потери на всасе), м; принимаются по каталожным характеристикам насоса или определяются по формуле:

$$h_{\text{всас}} = 1,2 \cdot i \cdot L + 1,5, \text{ м}$$

где i – гидравлическое сопротивление трубы, вычисляемое по формуле:

$$i = A \cdot q_{\text{мах}}^2 \cdot K,$$

Где A, K – коэффициенты, принимаемые по справочным данным.

L – длина всасывающего трубопровода, м.

$h_{\text{нап}}$ – потери напора в напорном трубопроводе, м, определяемые по формуле:

$$h_{\text{нап}} = 1,1 \cdot i \cdot L + 2,0, \text{ м}$$

Производительность и режим работы КНС определяется согласно графику притока сточных вод.

Число рабочих насосов может быть принято по формуле:

$$n = \frac{Q_{\text{max}}}{Q_{\text{min}}},$$

где Q_{max} – максимальный часовой приток сточных вод, % (или м³/ч); Q_{min} – минимальный часовой приток сточных вод, % (или м³/ч).

В КНС принято предусматривать не менее двух рабочих насосов.

Полная производительность КНС может быть определена по формуле:

$$Q_{\text{кнс}} = Q_{\text{max}}.$$

Производительность одного насоса определяется по формуле:

$$Q_{1\text{н}} = \frac{Q_{\text{кнс}}}{n} \cdot K_i,$$

где K_i – коэффициент параллельности работы i -го насоса.

Коэффициент параллельности работы насосов учитывает снижение подачи насосов, работающих параллельно на один водовод. При работе двух насосов этот коэффициент равен $K_2 = 1,11$, при работе трех насосов – $K_3 = 1,18$, а при работе четырех насосов – $K_4 = 1,25$.

Задача

Известны следующие условия по территории канализования:

1. Среднесуточный расход сточных вод от города составляет 15 000 м³/сут
2. КНС обеспечивает перекачку сточных вод от приемного резервуара до канализационных очистных сооружений.
3. Насосы главной КНС предусматриваются непогружные (с сухой установкой).

4. Отметка (абс.) оси насосов 85.000, отметка (абс.) лотка подводящего канала на очистных сооружениях 100.000.

5. Длина всасывающего трубопровода составляет 5 м, напорного (от НС до ОС) - 450 м.

Определить:

- ✓ Производительность главной КНС;
- ✓ Объем приемного резервуара перед главной КНС;
- ✓ Полный напор, создаваемый насосами КНС.

Дополнительные пояснения хода решения задачи и комментарии к ней см.:

Тема 13. Определение объемов поверхностных сточных вод

Определение среднегодовых объемов поверхностных сточных вод

Среднегодовой объем поверхностных сточных вод W_r , образующихся в период выпадения дождей, таяния снега и мойки дорожных покрытий, определяют по формуле:

$$W_r = W_d + W_t + W_m, \text{ м}^3, \quad (13.1)$$

где W_d , W_t , W_m - среднегодовой объем дождевых, талых и поливомоечных вод соответственно, м^3 .

Среднегодовой объем дождевых вод определяется по формуле:

$$W_d = 10 \cdot h_d \cdot \varphi_d \cdot F, \text{ м}^3 \quad (13.2)$$

h_d – слой осадков за теплый период года, мм, определяемый согласно СП 131.13330.2020;

φ_d – коэффициент стока дождевых вод, принимаемый по табл. 7 СП 32.13330.2018;

F – площадь стока, га.

Среднегодовой объем талых вод определяется по формуле:

$$W_T = 10 \cdot h_T \cdot \varphi_T \cdot K_y \cdot F, \text{ м}^3 \quad (13.3)$$

где h_T – слой осадков за холодный период года, мм, определяемый согласно СП 131.13330.2020;

φ_T – коэффициент стока талых вод (принимается от 0,5 до 0,8).

K_y – коэффициент, учитывающий уборку снега, определяемый по формуле:

$$K_y = 1 - F_y/F, \quad (13.4)$$

F_y – площадь территории, очищаемая от снега, га;

F – общая площадь территории, га.

Общий годовой объем поливомоечных вод W_M , м, стекающих с площади стока, определяют по формуле:

$$W_M = 10 \cdot m \cdot k \cdot \varphi_M \cdot F_M, \text{ м}^3 \quad (13.5)$$

где m – удельный расход воды на мойку дорожного покрытия (принимается 1,5 л/м² на одну мойку);

k – среднее количество моек в год;

φ_M – коэффициент стока для поливомоечных вод (принимается равным 0,5);

F_M – площадь твердого покрытия, подлежащего мойке, га.

Определение расчетных объемов поверхностных сточных вод при отведении на очистку

Объем дождевого стока от расчетного дождя $W_{оч}$, м³, который полностью отводится на очистные сооружения определяют по формуле:

$$W_{оч} = 10 h_a \cdot \varphi_{mid} \cdot F, \quad (13.6)$$

где 10 – переводной коэффициент;

h_a – максимальный суточный слой осадков за дождь, сток от которого подвергается очистке в полном объеме, мм;

φ_{mid} – средний коэффициент стока для расчетного дождя (определяется как средневзвешенное значение в зависимости от постоянных значений

коэффициента стока для разного вида поверхностей по таблице 8 СП 32.13330.2018);

F - площадь стока, га.

Для поверхностных сточных вод 1-го типа значение h_a принимается равным не менее 70 % от слоя осадков расчетного дождя.

Для поверхностных сточных вод 2-го типа значение h_a принимается равным слою осадков расчетного дождя.

Максимальный суточный объем талых вод $W_T^{\text{сут}}$, м³, отводимых на очистные сооружения в середине периода весеннего снеготаяния, определяют по формуле:

$$W_T^{\text{сут}} = 10h_c \cdot F \cdot \omega \cdot \varphi_T \cdot K_y, \quad (13.7)$$

где 10 - переводной коэффициент;

h_c - слой талых вод за 10 дневных часов при заданной обеспеченности, мм (в соответствии со статистически обработанными данными многолетних наблюдений на местных метеостанциях или по климатическим данным);

F - площадь стока, га;

ω - коэффициент, учитывающий неравномерность снеготаяния, допускается принимать 0,8;

φ_T - общий коэффициент стока талых вод (принимается 0,5-0,8);

K_y - коэффициент, учитывающий частичный вывоз и уборку снега, определяемый по формуле:

$$K_y = 1 - (F_y/F), \quad (13.8)$$

F_y - площадь, очищаемая от снега (включая площадь кровель, оборудованных внутренними водостоками).

Задача

Определить среднегодовой объем поверхностных сточных вод с территории открытой автомобильной стоянки. Площадь стока – 5000 м²;

территория размещения – г. Ростов-на-Дону; тип покрытия автостоянки – асфальт. Мойка асфальтового покрытия – механизированная.

Общий ход решения:

1. Определить среднегодовой объем дождевых вод с территории автостоянки (формула 13.2);
2. Определить среднегодовой объем талых снеговых вод с территории автостоянки (формула 13.3);
3. Определить среднегодовой объем поливочных вод с территории автостоянки (формула 13.4);
4. Определить общий среднегодовой объем стока с территории автостоянки как сумму трех слагаемых, вычисленных в п. 1-3 (формула 13.1).

Дополнительные детальные пояснения хода решения задачи и комментарии к ней см.:

Тема 14. Определение расчетных расходов дождевых и талых вод в водоотводящих сетях. Методика расчета

При гидравлическом расчете систем водоотведения поверхностных сточных вод расходы дождевых вод в самотечных сетях, л/с, следует определять методом предельных интенсивностей по формуле:

$$Q_r = \frac{Z_{mid} \cdot A^{1,2} \cdot F_r}{t_r^{1,2n-0,1}}, \quad (14.1)$$

где Z_{mid} – среднее значение коэффициента покрова, характеризующего поверхность бассейна стока, определяемое как средневзвешенное значение в зависимости от значений коэффициентов Z_i для различных видов поверхности водосбора, по таблицам Ж.6 и Ж.7 СП 32.13330.2018;

A – параметр, характеризующий расчетную интенсивность дождя для конкретной местности;

F_r – расчетная площадь стока, га, с ограничением не более 150 га;

t_r – расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания дождевых вод по поверхности и трубам до расчетного участка;

n – параметр, характеризующий расчетную интенсивность дождя для конкретной местности (определяется по табл. Ж.1 СП 32.13330.2018).

Параметр, характеризующий расчетную интенсивность дождя, может быть определен по формуле:

$$A = q_{20} \cdot 20^n \left(1 + \frac{\lg P}{\lg m_r}\right)^\gamma, \quad (14.2)$$

q_{20} – интенсивность дождя для данной местности продолжительностью 20 мин при $P=1$ год, определяют по рис. Ж.1 СП 32.13330.2018;

n – показатель степени, определяемый по табл. Ж.1 СП 32.13330.2018;

P – период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, годы;

m_r – среднее количество дождей за год, принимаемое по табл. Ж.1 СП 32.13330.2018;

γ – показатель степени, принимаемый по табл. Ж.1 СП 32.13330.2018.

Расчетная продолжительность протекания дождевых вод по поверхности и трубам до расчетного участка (створа) t_r , мин, следует определять по формуле:

$$t_r = t_{con} + t_{can} + t_p, \quad (14.3)$$

t_{con} – продолжительность протекания дождевых вод до уличного лотка или при наличии дождеприемников в пределах квартала до уличного коллектора (время поверхностной концентрации), мин, (принимается при наличии закрытых внутриквартальных дождевых сетей канализации 5-10 мин, а при их наличии - 3-5 мин, при расчете внутриквартальной дождевой сети – 2-3 мин);

t_{can} – продолжительность протекания дождевых вод по уличным лоткам до дождеприемника, мин;

t_p – продолжительность протекания дождевых вод по трубам до рассчитываемого створа, мин.

Продолжительность протекания дождевых вод по уличным лоткам до дождеприемника может быть определена по формуле:

$$t_{can} = 0,021 \sum \frac{l_{can}}{V_{can}}, \text{ мин} \quad (14.4)$$

l_{can} - длина участков лотков, м;

V_{can} - расчетная скорость течения на участке, м/с.

Продолжительность протекания дождевых вод по трубам до рассчитываемого сечения следует определять по формуле:

$$t_p = 0,017 \sum \frac{l_p}{V_p}, \quad (14.5)$$

l_p - длина расчетных участков коллектора, м;

V_p - расчетная скорость течения на участке, м/с.

Дополнительные пояснения и комментарии к методике см.:

Тема 15. Определение расчетных расходов дождевых и талых вод в водоотводящих сетях. Примеры расчетов

Задача

Населенный пункт расположен в Пензенской области (в 10 км от г. Пензы); общая площадь населенного пункта 200 га (40 % площади – асфальтовые покрытия, 10 % - щебеночные покрытия, 30 % - газоны, 20 % - грунтовые поверхности). Дождевая сеть населенного пункта включает лотки, подземные трубопроводы и охватывает примерно 50 % общей территории. Определить диаметр дождевого коллектора в конце сети.

Ход решения:

1. Определить среднее значение коэффициента покрова, характеризующего поверхность бассейна стока (по таблице Ж.6 СП 32.13330.2018);
2. Определить расчетную площадь стока;

3. Определить параметр, характеризующий расчетную интенсивность дождя для конкретной местности (формула 14.2);

4. Рассчитать расчетную продолжительность протекания дождевых вод по поверхности и трубам до расчетного участка (створа) по формуле 14.3;

5. Определить расчетный расход дождевых вод в расчетном створе (формула 14.1).

Дополнительные пояснения и комментарии по решению задачи см.:

Тема 16. Оценка технического состояния водоотводящих сетей

Необходимо изучить следующие нормативные документы:

- МДК 3-02.2001 «Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации» , утв. приказом Госстроя России от 30.12.99 г. № 168;

- «Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства», утв. пост. Министерства труда и социального развития РФ от 16 августа 2002 г. № 61.

Следует ознакомиться с основными методами и приемами диагностики технического состояния самотечных и напорных трубопроводов системы водоотведения по материалам следующих учебных изданий:

- Орлов В.А. Диагностика трубопроводных сетей [Текст] : / В. А. Орлов, К. Е. Хренов. - Москва : АСВ, 2018. - 99 с.