**Тема 1. Система водоснабжения**

Суточный расход воды, потребляемый промышленным объектом, складывается из расхода на хозяйственно-питьевые, душевые и производственные нужды:

*QПП = Qх/п + Qд + Qпр*, м3/сут (1.1)

где *Qх/п* – расход воды на хозяйственно-питьевые нужды работающих, м3/сут;

*Qд* – расход воды на душевые нужды, м3/сут;

*Qпр* – расход воды на производственные (технологические) цели, м3/сут.

Согласно СП 31.13330.2021 (п. 5.4) расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды и пользование душами на промышленных предприятиях определяются в соответствии с требованиями СП 30.13330.2020 и СП 56.13330.2011.

Суточный расход воды на хозяйственно-питьевые цели работающих определяется с учётом режима производства (количество смен) и суммируется из расходов воды в каждой смене.

Расход воды на хозяйственно-питьевые цели за смену определяется с учётом числа работающих в смене и норм водопотребления для цехов с различной характеристикой производства.

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды работающих за смену:

*Q*х/п = , м3/см (1.2)

где *q*х/п – норма расхода воды на хозяйственно-питьевые цели для цехов с различной характеристикой условий производственных помещений («горячие», «холодные»), л/смену на 1 чел.; *N*см – количество человек, работающих в смене в цехах с различной характеристикой производства, чел.

Норма водопотребления на хозяйственно-питьевые цели работников (л на 1 чел. в смену) принимается исходя из характеристики условий производства в цехах (СП 30.13330.2020, прил. А, табл. А2, п. 25). Для цехов с тепловыделениями свыше 84 кДж на 1 м3/ч – 45 л/см на 1 человека, для остальных цехов – 25 л/см на 1 человека.

Расход воды на пользование душем определяется исходя из нормы расхода воды одной душевой сеткой в течение часа (с учётом периодического выключения) и количества душевых сеток:

*Q*д = 0,75 · *q*д *· n*д, м3/ч (1.3)

где 0,75 – коэффициент, учитывающий долю времени от часа, в течение которого душевая сетка пропускает воду (согласно СП 30.13330.2020 (п. 8.25) продолжительность пользования душем – 45 мин после окончания смены);

*q*д – норма водопотребления одной душевой сеткой, л/ч (СП 30.13330.2020, прил. А, табл. А.1);

*n*д – количество душевых сеток, используемых после рабочей смены, шт.

Суточный расход воды для производственных (технических/технологических) целей определяется с учётом нормы водопотребления на единицу продукции, мощности промышленного предприятия и его режима работы:

*Q*пр = , м3/сут (1.4)

где *q* – норма водопотребления на единицу продукции, устанавливается исходя из технологического процесса производства и типа установленного оборудования и аппаратуры, м3/ед. продукции;

*М* – число единиц выпускаемой продукции в год, ед. продукции/год;

*m* – число дней в году работы промышленного предприятия, зависит от календарного плана работы, дни.

Часовой расход воды определяется с учётом режима водопотребления предприятия.

При равномерном режиме водопотребления в течение суток:

*q*пр ч = , м3/ч (1.5)

## Резервуары для хранения воды в системах водоснабжения проектируются согласно СП 31.13330.2021 (раздел 12).

Резервуары в зависимости от назначения должны включать регулирующий, пожарный, аварийный и контактный объемы воды.

Нормы расхода воды на наружное пожаротушение на промышленных предприятиях согласно СП 8.13130.2020 (п. 5.3, табл. 3, 4) принимаются по в зависимости от:

* степени огнестойкости зданий и сооружений;
* класса конструктивной пожарной опасности зданий и сооружений;
* категории зданий и сооружений по взрывопожарной и пожарной опасности;
* строительного объема зданий, тыс. м3.

Объём противопожарного запаса воды может быть определён с учётом количества наружных пожаров и нормы расхода воды на их тушение по формуле

*V*п = *t* ⋅ 3,6 ⋅ *n* п.п ⋅ *q* п.п, м3 (1.6)

где *t* – нормативная продолжительность пожара, 3 ч;

3,6 – коэффициент, полученный в результате пересчёта расхода из л/с в м3/ч, (3600/1000);

*nп.п* – принятое количество наружных пожаров зданий производственного назначения;

*qп.п* – норма расхода воды на тушение наружных пожаров на промышленном предприятии принимаемая согласно СП 8.13130.2020 (п. 5.3, табл. 3), л/с.

Согласно СП 8.13130.2020 (п. 9.5) количество резервуаров для хранения пожарного объема воды в одном водопроводном узле должно быть не менее двух.

При выключении одного резервуара в остальных должно храниться не менее 50% пожарного объема воды.

Размеры резервуара принимаются по типовым проектам или индивидуальному исполнению с учётом его конструктивных особенностей.

Оборудование резервуаров должно обеспечивать сохранность пожарного объема воды, а также возможность независимого включения и опорожнения каждого резервуара.

Гидравлический расчет участков водопроводных сетей производится по максимальному секундному расходу воды и включает подбор диаметров трубопроводов, потерь напора и установления свободного напора у точек водоразбора.

Сети объединенного хозяйственно-противопожарного и производственно-противопожарного водопроводов должны быть проверены на пропуск расчетного расхода воды на пожаротушение при расчетном максимальном секундном расходе ее на хозяйственно-питьевые и производственные нужды.

Гидравлический расчёт участков водопроводных сетей выполняется в следующем порядке:

– от диктующего устройства принимается расчетное направление, на котором определяются расчетные участки;

– на расчетных участках рассчитываются максимальные расходы воды;

– по расчетным расходам определяются диаметры труб, скорость движения воды и потери напора на каждом участке.

Подбор гидравлических параметров при расчете водопроводных сетей ведётся по таблицам гидравлического расчета водопроводных труб (таблицы Шевелёвых) или с помощью расчётных программ.

Диаметры трубопроводов внутренних водопроводных сетей принимаются из условия максимального использования гарантированного давления воды в наружной водопроводной сети.

Подбор диаметров трубопроводов ведется по максимальным секундным расходам воды. При расчете диаметров рекомендуемая скорость движения воды в трубопроводах – 1,2 м/с. Максимальная скорость движения воды в трубопроводах внутренних сетей не должна превышать 1,5 м/с.

Для трубопроводов объединенных хозяйственно-противопожарных и производственно-противопожарных систем при пожаротушении скорость движения воды в трубопроводах не должна превышать 3 м/с.

Рекомендуемые скорости движения воды во всасывающих и напорных линиях насосных станций принимаются согласно СП 31.13330.2021 (раздел 10, п. 10.10, табл. 25).

Для вновь строящихся, реконструируемых и капитально ремонтируемых зданий с системами холодного и горячего водоснабжения предусматривается установка приборов измерения водопотребления (счетчики холодной и горячей воды) (СП 30.13330.2020, разд. 12).

Счетчики воды устанавливаются на границе балансовой принадлежности сетей или на границе эксплуатационной ответственности абонента, а также на вводах трубопроводов холодной воды в каждое здание и сооружение.

В тепловых пунктах (центральных или индивидуальных) для измерения расхода потребляемой горячей воды счетчики следует устанавливать на трубопроводах, подающих холодную воду к водонагревателям.

На ответвлениях трубопроводов к отдельным помещениям, а также на подводках к отдельным санитарным приборам и технологическому оборудованию счетчики воды устанавливаются по заданию на проектирование.

Обводная линия у счетчиков холодной воды (за исключением индивидуальных жилых зданий) следует предусматривается, если:

- имеется один ввод водопровода в здание;

- счетчик воды не рассчитан на пропуск расчетного расхода воды (с учетом расхода воды на пожаротушение).

В системах горячего водоснабжения устройство обводных линий у счетчиков не требуется.

В системе раздельного противопожарного водоснабжения счетчики воды не устанавливаются.

Схематичное изображение водомерного узла (вставки) приведено на рисунке 1.1 (ГОСТ 21.601-2011 «Правила выполнения рабочей документации внутренних систем водоснабжения и канализации», прил. Б, рис. Б3).

Диаметр условного прохода счетчика воды выбирается исходя из среднечасового расхода воды за период потребления (сутки, смену), который не должен превышать эксплуатационный.

Средний часовой расход воды, за расчетное время водопотребления (сутки, смена) определяется по формуле 11 СП 30.13330.2020 (п. 5.11).

*q*Т = ,м3/ч (1.7)

где *q*u – расчетный среднесуточный расходы воды потребителем в сутки наибольшего водопотребления; принимается согласно СП 30.13330.2020 (прил. А, табл. А2) по разности значений *q*utot и *q*uh для цехов с тепловыделениями свыше 84 кДж на 1 м3/ч: 45 – 20,4 = 24,6 л/сут, для остальных цехов: 25 – 9,4 = 15,6 л/сут;

*U* – число водопотребителей;

*T* – расчетное время, ч, потребления воды (за сутки).

При известном суточном водопотреблении средний часовой расход воды, за расчетное время водопотребления может быть определён по формуле

*q*Т = , м3/ч (1.8)

Диаметр условного прохода счетчика воды может быть принят по диаметру ввода.

Счетчик с принятым диаметром условного прохода проверяется на пропуск максимального (расчетного) секундного расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды, при котором потери напора в водомере не должны превышать допустимых величин: для крыльчатых – 5 м.

Потери напора в счетчиках при максимальном расчетном расходе воды (*q*, л/с), согласно СП 30.13330.2020 (п. 12.15) определяются по формуле

*hсч* = *S*·*q*2, м (1.9)

где *S* – гидравлическое сопротивление счетчика, м/(л/с)2; принимается по паспортным данным;

*q* – максимальный секундный расход на расчетном участке, л/с;

Требуемый напор внутренней системы холодного водоснабжения рассчитывается для проверки обеспечения подачи воды к диктующему устройству.

При постоянном или периодическом недостатке напора (давления) в системах холодного и горячего водоснабжения, а также при необходимости поддержания принудительной циркуляции в системе горячего водоснабжения согласно СП 30.13330.2020 (п. 13.1) следует предусматривать устройство насосных установок.1.

Величина требуемого напора необходимого для подачи воды потребителю, определяется по формуле 14 СП 30.13330.2020 (п. 8.27):

*Н*тр = *Н*geom + Σ*H*il + *H*пр + Σ*H*вод + *H*тепл + *H*lввод, м вод. ст. (1.10)

где *Н*geom – геометрическая высота расположения диктующего санитарно-технического прибора (пожарного крана) над точкой подключения, м вод. ст.;

Σ*H*il – сумма потерь напора на всех участках трубопровода диктующего направления, м вод. ст.;

*H*пр – напор перед диктующим прибором, м вод. ст., принимается по паспортным данным водоразборных устройств;

Σ*H*вод – сумма потерь напора в узлах учета потребляемой воды (общем для жилого комплекса, общедомовом, индивидуальном), м вод. ст., принимают согласно 12.15;

*H*тепл – потери напора в теплообменнике (водонагревателе), принимают ориентировочно 0, 03 МПа (3 м вод. ст.);

*H*lввод – потери напора на вводе/вводах водопровода, при пропуске расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды и (или) противопожарного расхода воды, м вод. ст.

Геометрическая высота подачи воды принимается от ввода в здание до отметки диктующего водоразборного устройства:

*Нgeom*= *Zд у– Zв*, м (1.11)

где *Zв* *–* отметка ввода, м;

*Zд у* *–* отметка диктующего прибора, м.

За диктующий прибор принимается наиболее высоко расположенное и наиболее удаленное от ввода водоразборное устройство (смеситель или запорный вентиль).

**Задание 1.1 Расчет водопотребления промышленного объекта**

**Условие задания**. Определить суточный расход воды, потребляемой промышленным предприятием на хозяйственно-питьевые и душевые нужды работающих при следующих исходных данных:

* количество работающих на промпредприятии *Nсм*, чел.;
* характеристика условий производства в цехах;
* количество работающих, пользующихся душем,% от количества человек, работающих в сменах;
* норма нагрузки на одну душеную сетку *N1*д, чел./час.

Теоретической основой для расчётов является СП 30.13330.2020.

Варианты исходных данных к заданию 1.1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Количество работающих на промпредприятии | 1200 | 2400 | 3600 | 4800 | 5500 | 6700 | 7900 | 8000 | 9500 | 10000 |
| Характеристика условий производства в цехах | цеха с тепловыделениями свыше 84 кДж на 1 м3/ч | | | | | «холодные» цеха | | | | |
| Количество душевых сеток | 3 | 5 | 8 | 10 | 15 | 3 | 5 | 8 | 10 | 15 |

**Пример выполнения задания 1.1**

Принятые исходные данные:

– количество работающих на промпредприятии *Nсм* = 1000 чел.;

* характеристика условий производства в цехах – цеха с тепловыделениями свыше 84 кДж на 1 м3/ч;
* количество душевых сеток *n*д = 10 шт.

По условию задания требуется определить суточный расход воды, потребляемой промышленным предприятием на хозяйственно-питьевые (*Qх/п*) и душевые (*Qд*) нужды работающих.

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды определён исходя из нормы расхода воды на хозяйственно-питьевые цели для цехов с тепловыделениями свыше 84 кДж на 1 м3/ч и количества работающих по формуле (1.2):

*Q*х/п = = 45 м3/см (м3/сут).

Поскольку при расчёте *Q*х/п учтено общее количество работающих, рассчитанный расход может быть принят как суточный.

Расход воды на пользование душем определён исходя из нормы расхода воды одной душевой сеткой в течение часа (с учётом периодического выключения) и количества душевых сеток по формуле (1.3).

Норма водопотребления одной душевой сеткой *q*д принята согласно СП 30.13330.2020 (прил. А, табл. А.1, п. 12) для душа в групповой установке со смесителем – 270 л/ч (0,27 м3/ч).

*Q*д = 0,75 · 0,27 · 10 = 2 м3/ч (м3/сут)

Потребление воды на принятие душа расходуется в течение одного часа (последующей смены), но расход воды может быть принят как суточный.

Суммарное суточное потребление воды на хозяйственно-питьевые и душевые нужды работающих: 45 + 2 = 47 м3/сут.

**Задание 1.2 Определения ёмкости резервуара**

**Условие задания**. Для определения ёмкости резервуара определить объём неприкосновенного противопожарного запаса воды для промышленного предприятия при следующих исходных данных:

* принятое количество одновременных пожаров;
* степень огнестойкости зданий и сооружений;
* класс конструктивной пожарной опасности зданий и сооружений;
* категория зданий и сооружений по взрывопожарной и пожарной опасности;
* строительный объем зданий, тыс. м3;

Теоретической основой для расчётов является СП 8.13130.2020.

Варианты исходных данных к заданию 1.2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Принятое количество одновременных пожаров | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Степень огнестойкости зданий и сооружений | I | II | III | III | IV | IV | IV | IV | V | V |
| Класс конструктивной пожарной опасности зданий и сооружений | С0 | С0 | С1 | С1 | С2 | С2 | С3 | С3 | Не норм. | Не норм. |
| Категория зданий и сооружений по взрывопожарной и пожарной опасности | А | Б | В | Г | Д | А | Б | В | Г | Д |
| Строительный объем зданий, тыс. м3 | 2,5 | 4 | 15 | 30 | 250 | 300 | 420 | 500 | 650 | 800 |

**Пример выполнения задания 1.2**

Принятые исходные данные:

* принятое количество одновременных пожаров – 2;
* степень огнестойкости зданий и сооружений – I;
* класс конструктивной пожарной опасности зданий и сооружений – С0;
* категория зданий и сооружений по взрывопожарной и пожарной опасности;
* строительный объем зданий – 10 тыс. м3;

Исходя из принятых исходных данных норма расхода воды на наружное пожаротушение зданий согласно СП 8.13130.2020 (табл. 3) составляет 15 л/с.

Противопожарный запас воды с учётом принятых данных определён по формуле (1.6):

*V*п = 3 ⋅ 3,6 ⋅ 2⋅15 = 540 м3.

Поскольку согласно СП 8.13130.2020 (п. 9.5) количество резервуаров для хранения пожарного объема воды в одном водопроводном узле должно быть не менее 2-х, объем на 1 резервуар составит 540 : 2 = 270 м3.

Примерные проектные габариты одного квадратного в плане резервуара могут быть приняты: размер в плане – 8×8 м (площадь 64 м2), глубина резервуара: 270 : 64 = 4,2 м.

С учётом конструктивного устройства и наличия трубопроводной обвязки, глубина резервуара принимается на 10-15 % больше расчётной: 4,2 ⋅ 1,15 = 4,8 м.

## **Задание 1.3 Определение диаметра подающего трубопровода НС-2**

**Условие задания**. Определить диаметр напорного трубопровода насосной станции при следующих исходных данных:

* водопотребление *Q*, м3/сут;
* подача воды насосной станции в час максимального водопотребления α, %.

Число напорных трубопроводов принять 2.

Теоретической основой для выполнения задания являются: СП 31.13330.2021 (раздел 10, п. 10.10), справочник «Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения», **таблицы Шевелёвых.**

Варианты исходных данных к заданию 1.3.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Водопотребление *Q*, м3/сут |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Подача воды насосной станции α, % | 5,35 | 5,5 | 5,7 | 5,85 | 6,05 | 6,25 | 6,4 | 6,75 | 7,15 | 8,3 |
| Скорость движения сточных вод в напорных трубопроводах *v*н, м/с | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2 | 2,2 | 2,4 | 2,5 |

**Пример выполнения задания 1.3**

Принятые исходные данные:

* водопотребление объекта – 10000 м3/сут;
* подача воды насосной станции в час максимального водопотребления – 5 %.

Часовой расход подачи воды насосной станции: *q*ч = = 500 м3/ч

Расход воды на один трубопровод: 500 : 2 = 250 м3/ч = 0,07 м3/с

Диаметр напорных трубопроводов при скорости движения сточных вод *vн* = 2,5 м/с определен по формуле (2.26).

*d*н = = = 0,189 м.

По таблицам Шевелёвых диаметр трубопровода с учётом секундного расхода воды принят равным 200 мм.

Уточнение скорости движения воды:

*v* = = = = 2,5 м/с

## **Задание 1.4 Определение пропускной способности трубы участка водопроводной сети**

**Условие задания**. Определить пропускную способность трубы участка водопроводной сети при следующих исходных данных:

* материал трубы;

## диаметр трубы, мм;

* скорость движения воды, м/с.

Варианты исходных данных к заданию 1.4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Материал трубы | Полиэтиленовые  (ГОСТ 18599-2001) | | | | | Стальные электросварные (ГОСТ 10704-91) | | | | |
| Диаметр *d*, мм | 50 | 63 | 110 | 160 | 200 | 75 | 125 | 150 | 250 | 300 |
| Скорость движения воды  *v* м/с | 1,52 | 1,44 | 1,25 | 2,21 | 1,23 | 1,35 | 1,4 | 1,0 | 1,19 | 1,05 |

**Пример выполнения задания 1.4**

Принятые исходные данные:

* материал трубы – полиэтилен;

## диаметр трубы – 200 мм;

* скорость движения воды – 1,5 м/с.

Для определения пропускной способности трубы участка водопроводной сети при заданном диаметре трубы могут быть использованы таблицы Шевелёвых или специальные расчётные программы.

Для труб из полиэтилена диаметром 200 мм по таблицам Шевелёвых принят расход 36,5 л/с при скорости движения воды 1,497 м/с.

**Задание 1.5 Определение отметки ввода системы холодного водоснабжения**

**Условие задания**. Определить отметку ввода сети системы холодного водоснабжения при следующих исходных данных:

* абсолютная отметка поверхности земли у здания *Zп з*, м;
* глубина сезонного промерзания грунта *Hпр*, м.

Варианты исходных данных к заданию 1.5.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Абсолютная отметка поверхности земли у здания *Zп з*, м | 213,7 | 226,2 | 232,1 | 241,3 | 257,3 | 264,5 | 276,3 | 289,2 | 291,1 | 203,2 |
| Глубина сезонного промерзания грунта *Hпр*, м | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 |

**Пример выполнения задания 1.5**

Принятые исходные данные:

* абсолютная отметка поверхности земли у здания *Zп з* = 223,5 м;
* глубина сезонного промерзания грунта *Hпр* = 2,5 м.

Отметка ввода определяется с учётом глубины его заложения.

Глубина заложения ввода, считая до низа, принимается на 0,5 м больше расчетной глубины проникания в грунт нулевой температуры:

*hв* = 2,5 + 0,5 = 3 м

Отметка ввода: *Zв* = 223,5 – 3 = 20,5 м

**Задание 1.6 Определение расхода холодной воды на вводе внутренней водопроводной сети**

**Условие задания**. Определить расход воды на вводе внутренней водопроводной сети производственного здания при следующих исходных данных:

* вид санитарно-технического прибора с максимальным водопотреблением;
* число потребителей *U*, чел.;
* число водоразборных устройств *N*, шт.;
* диктующее устройство – смеситель мойки.

Теоретической основой для расчёта являются СП 30.13330.2020 (п. 5.2-5.4).

Варианты исходных данных к заданию 1.6

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Санитарно-технический  прибор с максимальным  водопотреблением | унитаз со смывным бачком | | | | | душ в групповой  в установке со смесителем | | | | |
| Число потребителей  *U* чел. | 68 | 40 | 12 | 22 | 24 | 60 | 26 | 153 | 120 | 152 |
| Число санитарных приборов, обслуживающих *U* потребителей, *N* шт. | 17 | 2 | 9 | 36 | 48 | 51 | 13 | 119 | 136 | 85 |

**Пример выполнения задания 1.6**

Принятые исходные данные:

* вид санитарно-технического прибора с максимальным водопотреблением – унитаз со смывным бачком;
* число потребителей *U* = 100 чел.;
* число водоразборных устройств *N* = 10 шт.;

Вероятность действия санитарно-технических приборов водопроводной сети при однотипных водопотребителях в здании:

*P* = = = 0,2

Норма расхода холодной воды одним потребителем в час наибольшего водопотребления(*q*hr,uc, л/ч) определена согласно СП 30.13330.2020 (прил. А, табл. А2) для цехов с тепловыделениями свыше 84 кДж на 1 м3/ч, по разности значений *q*hr,utot и *q*hr,uh = 14,1 – 7,1 = 7 л/ч.

При *P* = 0,2 (*Р* ≥ 0,1 и *N* ≤ 200), коэффициент α = 6,5 (СП 30.13330.2020, прил. Б, табл. Б1).

Расход воды на расчетном участке: *q =* 5· 0,1 · 6,5 *=* 3,2 л/с

**Задание 1.7** **Определение диаметра и гидравлических параметров движения воды на участке ввода внутренней водопроводной сети В1**

**Условие задания**. При известном максимальном секундном расходе воды на участке ввода определить: диаметр трубы (d, мм), скорость потока воды (v, м/c), потери напора воды на участке (i, м) при следующих исходных данных:

* максимальный секундный расход воды на участке ввода (по расчёту задания 1.6) q, л/с;
* материал труб – полиэтиленовые (ГОСТ 18599-2001\*);
* длина ввода *l*, м.

Диапазон допустимых значений скорости в системе внутренней водопроводной сети – 1-1,5 м/с.

Теоретической основой для расчёта являются: СП 30.13330.2020 (п. 8.26, прил. И), таблицы Шевелёвых.

Исходные данные к заданию 1.7

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Материал труб | полиэтиленовые  (ГОСТ 18599-2001\*) | | | | | стальные водогазопроводные (ГОСТ 3262-75) | | | | |
| Длина ввода *l*, м | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

**Пример выполнения задания 1.7**

Принятые исходные данные:

* максимальный секундный расход воды на участке ввода q = 3,2 л/с;
* материал труб – полиэтиленовые (ГОСТ 18599-2001\*);
* длина ввода *l* = 10 м.

Подбор гидравлических параметров при расчете самотечных водоотводящих сетей ведется по таблицам Шевелёвых или с помощью расчетных программ.

При максимальном секундном расходе воды 3,2 л/с подобран диаметр трубы *d* = 75 мм при следующих гидравлических параметрах: скорость потока воды – *v* = 0,935 м/с, потери напора воды на 1 п. м – 1000i = 17,04 мм (0,017 м).

Потери напора воды по длине на трение на участке ввода:

*Hl*ввод = i · *l* = 0,017 · 10 = 0,17 м.

**Задание 1.8 Подбор счётчика воды**

**Условие задания**. Для подбора счётчика холодной воды здания определить диаметр условного прохода (мм) и потери напора (м) при следующих исходных данных:

* водопотребление объекта, м3/сут (по расчёту задания 1.1);
* расчетное время водопотребления (за сутки) *Т*, ч;

Варианты исходных данных к заданию 1.8

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Расчетное время водопотребления (за сутки) *Т*, ч, | 8 | 10 | 16 | 20 | 24 | 8 | 10 | 16 | 20 | 24 |

**Пример выполнения задания 1.8**

Принятые исходные данные:

* суточное водопотребление 47 м3/сут;
* расчетное время водопотребления (за сутки) –24 ч;

Средний часовой расход воды, за расчетное время водопотребления определён по формуле (1.8)

*q*Т = = 1,96 м3/ч

По эксплуатационному расходу воды (1,96 м3/ч) принят счетчик с диаметром условного прохода 20 мм (СП 30.13330.2020, табл. 12.1). Гидравлическое сопротивление счетчика *S* = 5,18 м/(л/с)2.

Секундный расход воды:

*q* = = 0,54 л/с

Потери напора в счетчике определён по формуле 1.9 (СП 30.13330.2020, п. 12.15)

*hсч* = 5,18 · 0,542= 1,51 м.

**Задание 1.9** **Определение требуемого напора внутренней системы холодного водоснабжения**

**Условие задания**. Определить требуемый напор внутренней системы холодного водоснабжения жилого дома при следующих исходных данных:

* геометрическая высота расположения диктующего водоразборного устройства (*Нgeom*), м;
* сумма потерь напора на всех участках трубопровода диктующего направления Σ*H*il , м;
* свободный напор у диктующего водоразборного устройства, принятый по паспорту производителя *H*пр, м.

Варианты исходных данных к заданию 1.9

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Геометрическая высота подъёма воды *Нgeom*, м | 14,9 | 4,9 | 18 | 6,7 | 6 | 3,9 | 6,2 | 10,7 | 7 | 8,9 |
| Сумма потерь напора в сети Σ*Hl,tot*, м | 3,5 | 2,1 | 3,2 | 4,3 | 5,4 | 6,7 | 2,2 | 3,9 | 4,7 | 5,2 |
| Свободный напор у диктующего водоразборного устройства *H*пр, м | 5 | 10 | 20 | 30 | 5 | 10 | 20 | 30 | 10 | 20 |

**Пример выполнения задания 1.9**

Принятые исходные данные:

* геометрическая высота подъёма воды (от отметки ввода до отметки расположения диктующего водоразборного устройства *Нgeom* = 10 м;
* сумма потерь напора в сети по расчётному направлению до диктующего водоразборного устройства с учётом потерь на местные сопротивления Σ*Hl,tot* = 5 м;
* свободный напор у диктующего водоразборного устройства, принятый по паспорту производителя *H*пр = 20 м.

Величина требуемого напора необходимого для подачи воды потребителю, согласно формуле 14 СП 30.13330.2020 (п. 8.27) складывается из 6 параметров.

1. Геометрическая высота расположения диктующего санитарно-технического прибора (пожарного крана) над точкой подключения (*Н*geom) определяется при известных отметки ввода (*Zв*) иотметки диктующего прибора(*Zд у*) (исходные данные).
2. Сумма потерь напора на всех участках трубопровода диктующего направления (Σ*H*il) определяется в результате гидравлического расчёта (исходные данные).
3. Напор перед диктующим прибором (*H*пр) принимается по паспортным данным водоразборных устройств; принятое значение – 20 м вод. ст.
4. Потери напора в узле учета потребляемой воды (Σ*H*вод) рассчитаны в задании 1.8.
5. Потери напора в теплообменнике или водонагревателе (*H*тепл) принимаются 3 м вод. ст.
6. Потери напора на вводе/вводах водопровода, при пропуске расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды и (или) противопожарного расхода воды *H*lввод = 0,17 вод. ст. (рассчитаны в задании 1.7).

*Н*тр = 10 + 5 + 20 + 1,51 + 3 + 0,17 = 39,68 м вод. ст.

**Задание 10 Определение размера земельного участка станции водоподготовки**

**Условие задания**.На основании положений СП 42.13330.2016 (п. 12.4) определить размеры земельного участка станций водоподготовки при известной производительности.

Варианты исходных данных к заданию 10

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Производительность станции  водоподготовки, тыс. м3/сут | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |

**Пример выполнения задания 10**

Производительность станций водоподготовки – 120 000 м3/сут.

Согласно СП 42.13330.2016 (п. 12.4) при производительности станции водоподготовки 50 000 м3/сут размер земельного участка составляет 4 га.

**Тема 2. Система водоотведения**

Проектирование систем водоотведения (канализации) поселений, городских округов согласно СП 32.13330.2018 (п. 4.1, 4.2) осуществляется на основании утвержденных органами местного самоуправления генеральных схем и проектов районной планировки и застройки поселений, городских округов и размещения промышленных предприятий с учетом требований к очистке сточных вод, климатических условий, рельефа местности, геологических, гидрологических, экологических условий и других факторов.

Выбор системы и схемы водоотведения населенного пункта зависит от вида объектов водоотведения и способа отведения различного вида сточных вод.

Расчетный среднесуточный расход сточных вод поселений и городских округов согласно СП 32.13330.2018 (п. 5.1.5) определяется как сумма расходов от жилой застройки, предприятий местной промышленности, обслуживающих население, а также от промышленных объектов.

Расчетный среднесуточный (за год) расход бытовых сточных вод от жилых зданий с учетом принятой нормы удельного водоотведения

*Q*сут. ср = , м3/сут. (2.1)

Средний часовой расход бытовых сточных вод

*q*ч.ср = , м3/ч. (2.2)

Средний секундный расход бытовых сточных вод

*q*с. ср = , л/с. (2.3)

Расчетный суточный расход бытовых сточных вод согласно СП 32.13330.2018 (п. 5.1.6) принимается как произведение среднесуточного (за год) расхода и значения коэффициента суточной неравномерности, принимаемого согласно СП 31.13330.2012 (п. 5.2).

Максимальный расчетный суточный расход бытовых сточных вод от жилой застройки:

*Q*сут. max = *Q*сут. ср · *K*сут. max, м3/сут. (2.4)

Максимальные расчетные часовые и секундные расходы бытовых сточных вод определяются с учетом общего максимального коэффициента неравномерности притока сточных вод:

*q*ч. max = · *K*общ. max, м3/ч;(2.5)

*q*с. max = · *K*общ. max, л/с. (2.6)

При проектировании систем водоотведения поселений и городских округов расчетное удельное среднесуточное (за год) водоотведение бытовых сточных вод от жилых зданий согласно СП 32.13330.2018 (п. 5.1.1) принимается равным расчетному удельному среднесуточному (за год) водопотреблению, принимаемому по СП 31.13330.2012 без учета расхода воды на полив территорий и зеленых насаждений.

Внутренняя система водоотведения состоит из приемников сточных вод (санитарно-технических приборов), отводных трубопроводов, стояков, магистральных трубопроводов, выпусков, устройств для прочистки и вентиляции сети.

Требования к устройству внутренних систем водоотведения приведены в СП 30.13330.2020 (раздел 8.).

Высота установки санитарно-технических приборов от уровня чистого пола принимается согласно СП 73.13330.2016 (п. 6.3.4, табл. 3).

После каждого санитарно-технического прибора предусматривается установка гидрозатвора, за исключением унитаза, в котором он предусматривается конструктивно.

Канализационные стояки размещаются в местах сосредоточения приемников сточных вод (санитарно-технических комнатах, кухнях) по возможности ближе к унитазам, в которые поступают наиболее загрязненные стоки, с таким расчетом, чтобы длина отводящих труб была минимальной.

Для предотвращения засорения в трубопроводах внутренних водоотводящих бытовой и производственной сетей предусматривается установка ревизий или прочисток согласно СП 30.13330.2020 (п. 18.26).

Горизонтальные участки внутренней водоотводящей сети, размещаемые в подвале здания, прокладываются с уклоном в сторону выпуска сточных вод для обеспечения самотечного движения сточных вод. Для труб *d* = 50 мм минимальный уклон принимается равным 0,035, для *d* = 100 мм – 0,02, для *d* = 150 мм – 0,008-0,01.

Канализационные выпуски, предназначенные для отвода сточных вод за пределы здания, прокладываются со стороны дворового фасада здания перпендикулярно наружным стенам. Предусматривается один выпуск на секцию.

Диаметр выпуска согласно СП 30.13330.2020 (п. 8.3.27) принимается не менее диаметра наибольшего из стояков, присоединяемых к данному выпуску.

Длина выпуска от стояка или прочистки до оси смотрового колодца принимается согласно СП 30.13330.2020, п. 18.30, табл. 18.1.

Расчеты водоотводящих сетей выполняются для определения конструктивных параметром сети с учетом оптимальных гидравлических режимов движения сточных вод.

Диаметры трубопроводов на участках самотечной водоотводящей сети могут быть приняты по таблицам Лукиных при оптимальных параметрах движения сточных вод: наполнения трубы, ее уклона и скорости (СП 32.13330.2018, п. 5.4, табл. 2).

# Расчетный расход бытовых сточных вод на участке от малых и отдельно расположенных объектов определяется согласно СП 30.13330.2020 (п. 5.7) по формуле

, л/с, (2.7)

где *qhrtot* – максимальный часовой расход сточной воды, определяется согласно СП 30.13330.2020 (п. 5.10), м3/ч;

*Ks* – коэффициент (табл. 4), зависящий от числа санитарно-технических приборов на расчетном участке *N* и расстояния до ближайшего колодца *L*, принимается согласно СП 30.13330.2020 (п. 5.7, табл. 5.1);

*q*0*s* – расход сточных вод от присоединяемого санитарно-технического прибора с максимальной емкостью (табл. 5); принимается согласно СП 30.13330.2020 (прил. А, табл. А1).

Максимальный часовой расход бытовых сточных вод

*qhrtot* = 0,005 · *q0,hrtot* · *αhr*, м3/ч, (2.8)

где *q*0*,hrtot* – норма расхода сточных вод в час наибольшего водопотребления, л/ч, при одинаковых потребителях принимается в соответствии   
с СП 30.13330.2020 (прил. А, табл. А.2);

α*hr* – коэффициент, определяемый в соответствии с СП 30.13330.2020 (прил. Б, табл. Б.1, Б.2) в зависимости от общего числа санитарно-технических приборов *N* и вероятности их действия *P* (или использования *Phr*) на расчетном участке.

Вероятность действия санитарно-технических приборов на участке сети от объекта, обслуживающего одинаковых потребителей,

, (2.9)

где *qhr,utot* – норма расхода сточных вод одним потребителем в час наибольшего водопотребления, принимается согласно СП 30.13330.2020 (прил. А, табл. А2), л/ч;

*U* – общее число потребителей, чел.;

*q*0*tot* – секундный расход сточных вод от санитарно-технического прибора, л/с, принимается для санитарно-технического устройства с максимальным водоотведением согласно СП 30.13330.2020 (прил. А, табл. А1);

*N* – общее число санитарно-технических приборов в здании, обслуживающих *U* потребителей, шт.

Трассировка наружных водоотводящих сетей на территории населенного пункта выполняется с учетом рельефа местности. Канализуемая территория в зависимости от рельефа может иметь несколько зон с характерным уклоном местности. В этом случае канализуемая территория разбивается на части, называемые бассейнами водоотведения.

Глубина заложения труб водоотводящих сетей согласно СП 32.13330.2018 (п. 6.2.4) принимается на основании СП 131.13330.2020 и опыта эксплуатации сетей в районе проектируемого объекта. Для снижения глубины заложения и стоимости строительства канализационных сетей при условии подтверждения теплотехническим расчетом допускается применение сертифицированных строительных гидрофобных теплоизоляционных материалов.

При отсутствии данных минимальную глубину заложения лотка трубопровода *h*min допускается принимать выше отметки глубины проникания в грунт нулевой температуры на 0,3 м для труб диаметром до 500 мм; 0,5 м для труб большего диаметра, но не менее 0,7 м до верха трубы, считая от поверхности земли или планировки (во избежание повреждения наземным транспортом).

Максимальная глубина заложения труб согласно СП 32.13330.2018 (п. 6.2.5) определяется расчетом в зависимости от материала труб, их диаметра, грунтовых условий, материала засыпки, ширины траншеи и метода производства работ.

Глубина заложения в месте прокладки трубы выпуска через стену здания принимается равной минимальной согласно СП 32.13330.2018 (п. 6.2.4).

*H*начвып *= h*min= *h*пр *–* 0,3, м, (2.10)

где *h*пр – глубина сезонного промерзания грунта, м.

Отметка лотка выпуска в месте прокладки трубы через стену здания (в начале участка-выпуска)

*Z*лн = *Z*п.з – *h*min, м, (2.11)

где *Z*п.з – отметка поверхности земли в месте прокладки выпуска через стену здания, м; *h*min– минимальная глубина заложения, принимаемая согласно СП 32.13330.2018 (п. 6.2.4), м.

Отметка лотка трубы выпуска в первом дворовом колодце (в конце участка-выпуска) определяется с учетом падения линии на участке:

*Z*лк = *Z*лн– Δ*h*, м, (2.12)

где Δ*h* – падение линии на участке сети, м.

Падение линии на участке водоотводящей сети определяется по формуле

Δ*h* = *i* · *l*, м, (2.13)

где *i* – гидравлический уклон на участке; для выпуска диаметром 100 мм уклон трубы принимается не менее 0,02, для выпуска диаметром 150 мм – не менее 0,008,

*l* – длина участка, м.

Отметка лотка трубы в начале второго и последующих участков

*Z*лн = *Z*лк – Δ*d*, м (2.14)

где *Z*лк – отметка лотка в конце предыдущего участка, м; Δ*d* – разница в диаметрах труб рассчитываемого и предыдущего участков, м.

Разница диаметров труб для расчета по формуле (2.14) учитывается при соединении труб в колодцах по шелыгам (верхним образующим трубы):

Δ*d* = (*d*2 – *d*1) / 1000, м(2.15)

При пересечении водоотводящими сетями водных объектов, оврагов и суходолов предусматриваются дюкеры.



Схема дюкера: 1 – входная камера; 2 – выходная камера; 3 – аварийный выпуск (промывочная труба); 4 – трубы дюкера

Проекты дюкеров через водные объекты, применяемые для хозяйственно-питьевого водоснабжения и рыбохозяйственных целей, должны согласоваться с органами санитарно-эпидемиологического надзора и охраны рыбных запасов, судоходные водотоки – с органами управления речным флотом.

Правила проектирования дюкеров приведены в СП 32.13330.2018 (п. 6.6).

При пересечении водных объектов дюкеры прокладываются не менее чем в две рабочие линии, при пересечении оврагов и суходолов допускается предусматривать дюкеры в одну линию.

Места переходов дюкеров через водные объекты обозначаются на берегах соответствующими знаками.

Расчет дюкера сводится к определению гидравлических и конструктивных параметров трубопроводов, а также отметок заложения лотка в камерах дюкера*.*

Отметка лотка в нижней камере дюкера

*Z*лНКД = *Z*вНКД – *h*в, м, (2.16)

где *Z*вНКД – отметка уровня воды в нижней камере дюкера, м;

*h*в – слой сточной воды в подводящем коллекторе, м.

Отметка воды в нижней камере дюкера

*Z*вНКД = *Z*вВКД – *h*, м, (2.17)

где *Z*вВКД – отметка уровня воды в верхней камере дюкера, м;

*h* – общие потери напора в линии дюкера, м.

Общие потери напора в линии дюкера

*h = hl + h*м, м, (2.18)

где *hl – п*отери напора на трение по длине, м; *h*м – местные потери напора, м.

Потери напора на трение по длине

*hl* = *i* *· l*, м, (2.19)

Компоновка и обустройство канализационных насосных станций (КНС) выполняется согласно СП 31.13330.2021 (разд. 10) и СП 32.13330.2018 (разд. 8).

Насосное оборудование и трубопроводы согласно СП 32.13330.2018 (п. 8.2.1) выбираются в зависимости от расчетного притока и физико-химических свойств сточных вод или осадков, высоты подъема с учетом характеристик насосов и напорных трубопроводов.

При проектировании КНС основными расчетами являются:

* определение объема и размеров приемного резервуара;
* определение диаметров всасывающих и напорных трубопроводов КНС;
* определение требуемого напора насосов.

Приемный резервуар предназначен для приема сточных вод из самотечного коллектора. Приток сточных вод к насосной станции по часам суток неравномерный, поэтому приемный резервуар выполняет функцию регулирующей емкости, позволяющей обеспечить равномерную работу насосов.

Объем приемного резервуара канализационной насосной станции согласно СП 32.13330.2018 (п. 8.2.15) определяется в зависимости от поступления (притока) сточных вод и допустимой частоты включения насосного оборудования.

Часовой расход сточных вод, поступающих на насосную станцию,

*Q*НС = , м3/ч, (2.20)

где *Q*НП – суммарный расход бытовых сточных вод от объекта, м3/сут;

α – максимальный приток сточных вод на насосную станцию, %.

Минимальный объем приемного резервуара насосной станции определяется исходя из того, что он должен обеспечивать работу одного насоса в течение 5 мин.

*V*НС = , м3, (2.21)

где *Q*1 – расход сточных вод, перекачиваемых одним насосом, м3.

Минимальный объем приемного резервуара при заданном числе включений в час минимального притока

*V*min*'* = , м3, (2.22)

где *Q*min – минимальный приток сточных вод на насосную станцию, %;

*Q*НС – приток сточных вод, %;

*m* – максимальное число включений (не более 3).

При круглой форме приемного резервуара насосной станции диаметр ориентировочно может быть определен по формуле

*D*НС = , м, (2.23)

где *h*в – глубина воды в приемном резервуаре насосной станции 1,5-2,5 м.

В зависимости от числа насосов и линий трубопроводов расход сточных вод на каждую линию определяется по формуле

*Q*1 = , л/с, (2.24)

где *Q*НС – расход сточных вод, поступающих на насосной станции, л/с;

*n* – число линий трубопроводов.

Скорости движения сточных вод или осадков во всасывающих   
и напорных трубопроводах согласно СП 32.13330.2018 (п. 8.2.8) должны исключать осаждение взвешенных веществ.

Диаметр всасывающих трубопроводов:

*d*вс = , мм, (2.25)

где *v*вс– скорость движения воды во всасывающих трубопроводах, м/с.

Диаметр напорных трубопроводов:

*d*н = , мм, (2.26)

где *v*н – скорость воды в напорных трубопроводах насосной станции, м/с.

Требуемый напор насосов насосной станции определяется по формуле

*Н*тр = *h*г + *h*н + *H*НС + *h*изл, м, (2.27)

где *h*г – геометрическая высота подъема воды, м;

*h*н – потери напора в напорном водоводе, м;

*H*НС – потери напора в коммуникациях насосной станции 1,5–2,5 м;

*h*изл – запас напора на излив жидкости 1–1,5 м.

Геометрическая высота подъема воды, определяемая как разность отметок уровня воды в приемной камере очистных сооружений и дна приемного резервуара насосной станции,

*h*г = *Z*вОС − *Z*вНС, м, (2.28)

где *Z*вОС – отметка уровня воды в приемной камере очистных сооружений, м, принимается на 5-6 м выше отметки горизонта высоких вод в месте расположения очистной станции;

*Z*вНС – отметка уровня воды в приемном резервуаре насосной станции, м, принимается на 1,5–2,5 м ниже отметки лотка подводящего коллектора.

Потери напора в напорном водоводе определяются по формуле

*h*н = 1,1⋅ *i*н ⋅ *l*н, м, (2.29)

где *i*н – единичные сопротивления напорных водоводов;

*l*н – длина напорных водоводов согласно заданию, м.

Глубина заложения (расстояние от поверхности земли до низа трубопровода) напорных водоводов КНС определяется по формуле

*Н*н = *h*пр + 0,5, м, (2.30)

где *h*пр – глубина промерзания грунта, м.

Отметка лотка напорных водоводов, выходящих из КНС, определяется по формуле

*Z*лн = *Z*п.з − *Н*н, м, (2.31)

где *Z*п.з – отметка поверхности земли у КНС, 246,3 м,

Подбор насосного оборудования проводится по часовому расходу сточных вод *Q* (м3/ч) и требуемому напору насосов *H* (м).

**Задание 2.1 Определение расхода бытовых сточных вод на выпуске от здания промышленного предприятия**

**Условие задания**. Определить расчётный расход бытовых сточных вод на выпуске от здания промышленного предприятия при следующих исходных данных:

* число санитарно-технических приборов на участке *N*, шт.;
* вид санитарно-технического прибора с максимальным водоотведением;
* количество потребителей *U*;
* длина выпуска *L*, м.

Теоретической основой для выполнения задания является СП 30.13330.2020 (п. 5.7-5.10).

Исходные данные к заданию 2.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Число санитарно-технических приборов на участке *N*, шт. | 14 | 30 | 50 | 60 | 84 | 120 | 150 | 240 | 386 | 54 |
| Количество потребителей *U* | 120 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 7000 | 800 | 900 | 1000 |
| Длина участка (выпуска) *L*, м | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |

**Пример выполнения задания 2.1**

Принятые исходные данные:

* число санитарно-технических приборов на участке *N* = 12 шт.;
* санитарно-технический прибор с максимальным водоотведением – душ групповой в установке со смесителем;
* количество потребителей *U* = 100 чел.;
* длина выпуска *L* = 10 м.

Принятые нормативные значения:

* норма расхода сточных вод одним потребителем в час наибольшего водопотребления *qhr,utot* = 14,1 л/ч (для цехов с тепловыделениями св. 84 кДж на 1 м3/ч);
* секундный расход сточных вод от прибора с максимальным водоотведением (душ в групповой установке со смесителем) *q*0*tot* = 0,2 л/с.

Расчётный расход бытовых сточных вод на выпуске определяется по формуле (2.7).

Вероятность действия санитарно-технических приборов для здания, обслуживающего одинаковых потребителей, определена по формуле (2.9).

*P* = = 0,16.

При *P* = 0,16 (*Р* ≥ 0,1 и *N* ≤ 200), коэффициент α = 1,28 (СП 30.13330.2020, прил. Б, табл. Б1).

Для санитарно-технического прибора с максимальным водоотведением (душ в групповой установке со смесителем) часовой расход сточных вод в соответствии с СП 30.13330.2020 (прил. А, табл. А.1) принят 500 л/ч.

Максимальный часовой расход бытовых сточных вод определен по формуле (2.8).

*qhrtot* = 0,005 · 500 · 1,28 = 3,2 м3/ч.

Расчётный расход бытовых сточных вод на выпуске от здания

+ 0,42 · 0,2 = 0,89 + 0,08 = 0,97 л/с,

где *Ks* = 0,42 (при длине выпуска *L* = 10 м и числе санитарно-технических приборов на участке *N* = 12 шт.); расход сточной воды от прибора *q0s* = 0,2 л/с.

**Задание 2.2 Определение диаметра трубопровода водоотводящей сети**

**Условие задания**. Определить диаметр трубопровода участка водоотводящей сети при следующих исходных данных:

* расход сточных вод в коллекторе *q*, л/с;
* максимальная скорость движения сточных вод на предыдущем участке *v*, м/с.

Дополнительные комментарии к заданию:

1. для обеспечения эффективности гидравлических режимов скорость сточных вод на участке должна приниматься больше, чем на предыдущем;
2. расход сточных вод, принимаемый по табл. Лукиных может быть больше необходимого на 5-10%;
3. принимаемые значения гидравлических параметров допускается не интерполировать;
4. уклон принимается в пределах допустимых значений.

Варианты исходных данных к заданию 2.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Расход сточных вод  в коллекторе *q*, л/с | 11,3 | 24,5 | 31,6 | 40,8 | 52,4 | 63,1 | 76,2 | 85,9 | 91,5 | 100 |
| Максимальная скорость движения сточных вод на предыдущем участке *v*, м/с | 1,06 | 1,1 | 1,19 | 1,17 | 1,24 | 1,28 | 1,3 | 1,36 | 1,55 | 2,18 |

**Пример выполнения задания 2.2**

Принятые исходные данные:

* расход сточных вод *q* = 10 л/с;
* скорость движения сточных вод на предыдущем участке *v* = 0,9 м/с.

Диаметр самотечного трубопровода принимается по таблицам Лукиных при оптимальных параметрах движения сточных вод: наполнения трубы, ее уклона и скорости СП 32.13330.2018 (табл. 2).

Подобран диаметр трубы на участке самотечной бытовой водоотводящей сети *d* = 150 мм при следующих гидравлических параметрах: наполнение *h*/*d* = 0,6, гидравлический уклон *i* = 0,011, скорость движения сточных вод *v* = 0,91 м/с.

**Задание 2.3 Определение пропускной способности трубы участка водоотводящей сети**

**Условие задания.** С учетом требований СП 32.13330.2018 (п. 5.4.1, табл. 2) определить максимальный расход сточных вод (л/с), поступающих в участок бытовой водоотводящей сети, при следующих исходных данных:

* режим движения сточных вод – самотечный;
* диаметр трубопровода *d*, мм;
* гидравлический уклон участка сети *i*;
* наполнение трубы *h/d*.

Варианты исходных данных к заданию 2.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Диаметр трубопровода *d*, мм | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 |
| Гидравлический уклон трубы *i* | 0,02 | 0,008 | 0,007 | 0,004 | 0,0035 | 0,022 | 0,01 | 0,005 | 0,005 | 0,045 |
| Наполнение трубы *h/d* | 0,45 | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,45 | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 |

**Пример выполнения задания 2.3**

Принятые исходные данные:

* диаметр трубопровода *d* = 200 мм;
* гидравлический уклон участка сети *i* = 0,01;
* наполнение трубы *h/d* = 0,6.

Расход сточных вод, поступающих в участок бытовой водоотводящей сети, при известном диаметре и заданных гидравлических параметрах определен по таблицам Лукиных – 20,7 л/с.

**Задание 2.4 Определение допустимого расстояния по горизонтали (в свету) от трубопровода водоотводящей сети до подземных инженерных сетей, зданий и сооружений**

**Условие задания**.На основании требований СП 42.13330.2016 (п. 12.35) определить допустимое расстояние по горизонтали (в свету) от трубопровода водоотводящей сети до подземных инженерных сетей, зданий и сооружений.

Варианты исходных данных к заданию 2.4.

|  |  |
| --- | --- |
| №  варианта | Условие прокладки водоотводящей сети |
| 1 | От самотечной бытовой водоотводящей сети до фундаментов зданий и сооружений |
| 2 | От самотечной водоотводящей сети поверхностного стока до фундаментов зданий  и сооружений |
| 3 | От дренажной сети до фундаментов зданий и сооружений |
| 4 | От напорной водоотводящей сети до фундаментов зданий и сооружений |
| 5 | От самотечной бытовой водоотводящей сети до фундаментов ограждений предприятий, эстакад, опор контактной сети и связи, железных дорог |
| 6 | От самотечной водоотводящей сети поверхностного стока до фундаментов ограждений предприятий, эстакад, опор контактной сети и связи, железных дорог |
| 7 | От дренажной сети до фундаментов ограждений предприятий, эстакад, опор контактной сети и связи, железных дорог |
| 8 | От напорной водоотводящей сети до фундаментов ограждений предприятий, эстакад, опор контактной сети и связи, железных дорог |
| 9 | От самотечной бытовой водоотводящей сети до оси крайнего пути железной дороги колеи 1520 мм |
| 10 | От самотечной водоотводящей сети поверхностного стока до оси крайнего пути  железной дороги колеи 1520 мм |
| 11 | От дренажной сети до оси крайнего пути железной дороги колеи 1520 мм |
| 12 | От напорной водоотводящей сети до оси крайнего пути железной дороги колеи 1520 мм |
| 13 | От самотечной бытовой водоотводящей сети до оси крайнего пути железных дорог колеи 750 мм и трамвая |
| 14 | От самотечной водоотводящей сети поверхностного стока до оси крайнего пути  железных дорог колеи 750 мм и трамвая |
| 15 | От дренажной сети до оси крайнего пути железных дорог колеи 750 мм и трамвая |
| 16 | От напорной водоотводящей сети до оси крайнего пути железных дорог колеи 750 мм  и трамвая |
| 17 | От самотечной бытовой водоотводящей сети до бортового камня улицы, дороги (кромки проезжей части, укрепленной полосы обочины) |
| 18 | От самотечной водоотводящей сети поверхностного стока до бортового камня улицы, дороги (кромки проезжей части, укрепленной полосы обочины) |
| 19 | От дренажной сети до бортового камня улицы, дороги (кромки проезжей части,  укрепленной полосы обочины) |
| 20 | От напорной водоотводящей сети до бортового камня улицы, дороги (кромки проезжей части, укрепленной полосы обочины) |

**Пример выполнения задания 2.4.**

При трассировке водоотводящей сети в пределах городской застройки определяем допустимое расстояние по горизонтали (в свету) от трубопровода самотечной бытовой водоотводящей сети до фундаментов опор воздушных линий напряжением от 35 до 110 кВ и выше.

Согласно СП 42.13330.2016 (п. 12.35, табл. 12.5) расстояние от трубопровода самотечной бытовой водоотводящей сети до фундаментов опор воздушных линий напряжением от 35 до 110 кВ и выше составляет 3 м.

**Задание 2.5 Определение отметки заложения выпуска в месте прокладки трубы через стену здания**

**Условие задания**. Определить отметку заложения выпуска в месте прокладки трубы через стену зданияпри следующих исходных данных:

* глубина сезонного промерзания грунта *h*пр, м;
* отметка поверхности земли у здания *Z*п.з, м.

Теоретической основой для выполнения задания является СП 32.13330.2018.

Варианты исходных данных к заданию 2.5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Глубина сезонного промерзания грунта *H*пр, м | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,8 | 2,5 | 2,6 |
| Отметка поверхности земли у здания *Z*п. з, м | 250,1 | 207,2 | 233,7 | 291,4 | 203,8 | 312,6 | 264,3 | 313,8 | 221,9 | 272,9 |

**Пример выполнения задания 2.5**

Принятые исходные данные:

* глубина сезонного промерзания грунта *h*пр = 2,7 м;
* отметка поверхности земли у здания *Z*п.з = 236,4 м.

Минимальная глубина заложения выпуска в месте прокладки через стену зданияопределяется исходя из требования СП 32.13330.2018 (п. 6.2.4) по формуле (2.10)

*h*min= 2,7 *–* 0,3 = 2,4 м.

Отметка лотка выпуска в месте прокладки трубы через стену здания определяется по формуле (2.11)

*Z*вып = 236,4 – 2,4 = 234 м.

**Задание 2.6 Обоснование возможности присоединения внутриплощадочной водоотводящей сети к городскому колодцу уличной сети**

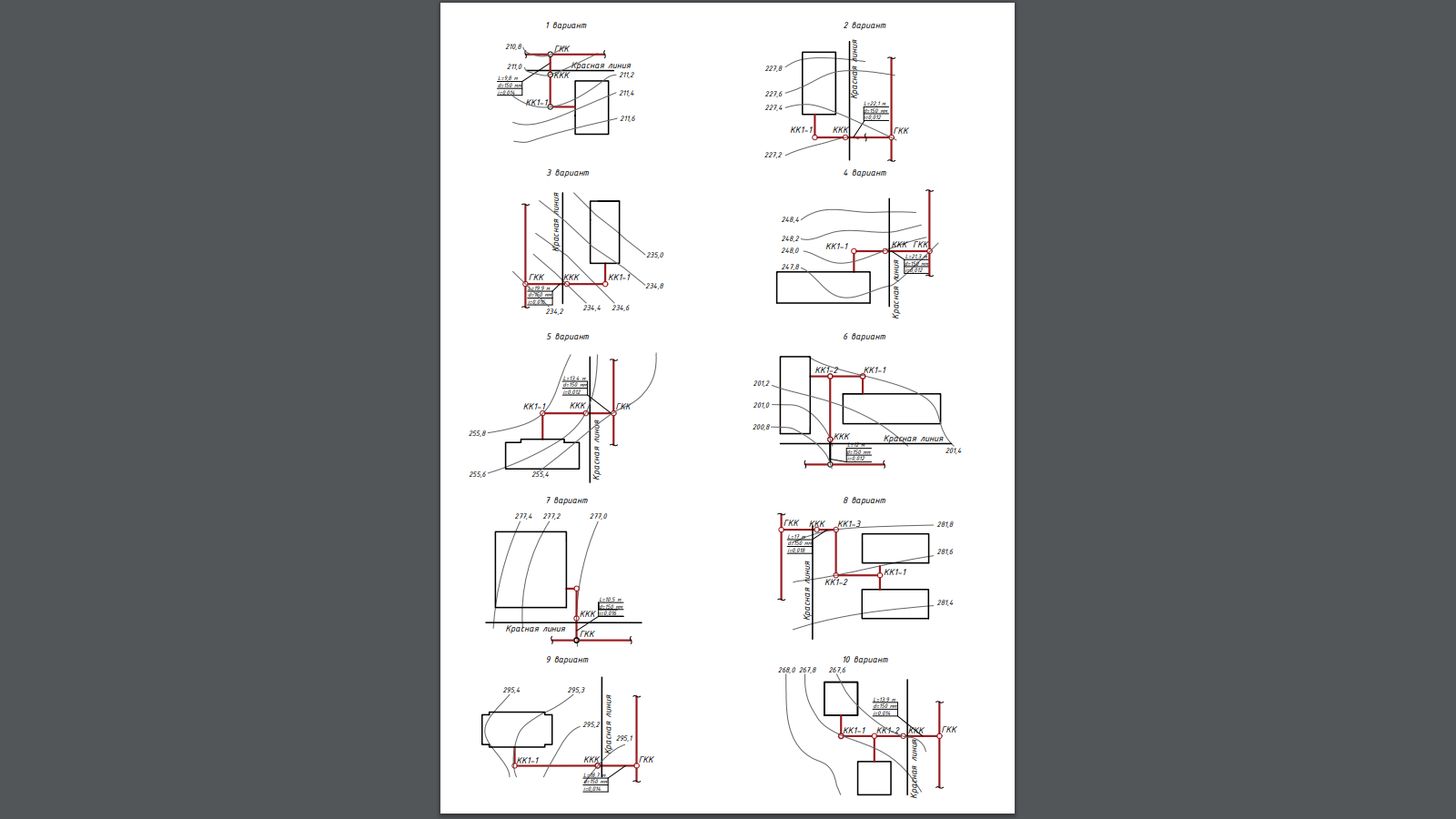
**Условие задания**. Обосновать возможность и условия присоединения внутриплощадочной водоотводящей сети промышленного предприятия к городскому канализационному колодцу уличной сети при следующих исходных данных:

* глубина заложения лотка трубы в контрольном канализационном колодце *Н*ККК, м;
* отметка поверхности земли у контрольного канализационного колодца *Z*п.зККК, м;
* уклон участка сети от контрольного канализационного колодца (ККК) до городского канализационного колодца (ГКК) *i*;
* длина участка сети от контрольного канализационного колодца (ККК) до городского канализационного колодца (ГКК) *l*, м;
* отметка лотка трубы в городском канализационном колодце *Z*лк, м.

Варианты исходных данных к заданию 2.6

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Глубина заложения лотка трубы в контрольном канализационном колодце *Н*ККК, м | 1,9 | 2,3 | 3,4 | 4,2 | 5,0 | 2,6 | 3,5 | 4,4 | 5,1 | 1,3 |
| Отметка лотка трубы  в городском канализационном колодце *Z*лККК, м | 209,1 | 225,2 | 232,7 | 245,4 | 254,8 | 197,6 | 274,3 | 277,8 | 290,9 | 266 |

Схемы трассировки внутриплощадочной водоотводящей сети представлены на рисунке.

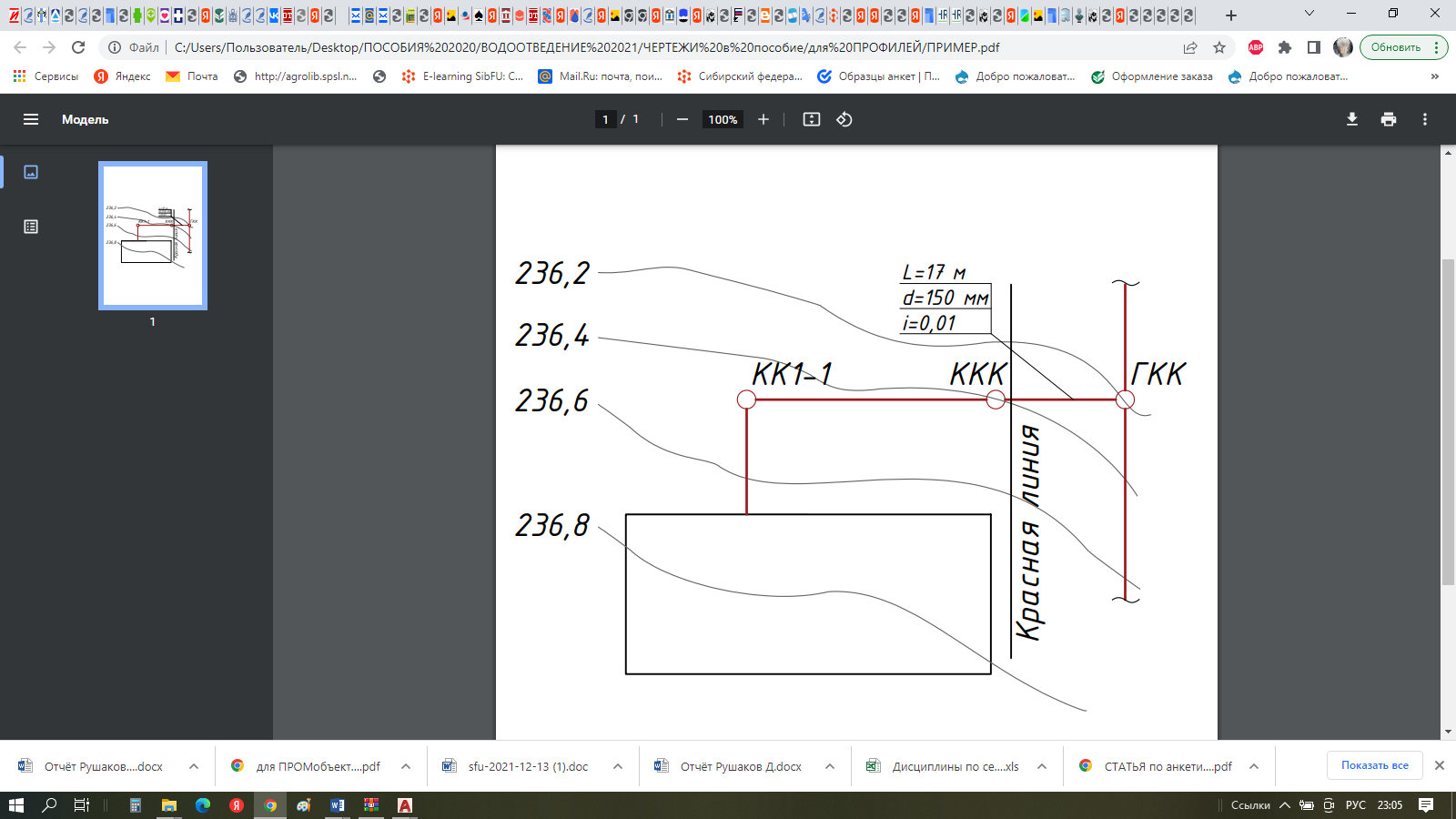


**Пример выполнения задания 2.6**

Принятые исходные данные:

* глубина заложения лотка трубы в контрольном канализационном колодце *Н*ККК = 3,4 м;
* отметка поверхности земли у контрольного канализационного колодца *Z*п.зККК = 236,4 м;
* уклон участка сети от контрольного канализационного колодца (ККК) до городского канализационного колодца (ГКК) *i* = 0,01;
* длина участка сети от контрольного канализационного колодца (ККК) до городского канализационного колодца (ГКК) *l* = 17 м;
* отметка лотка трубы у колодца уличной сети *Z*лк = 232,5 м;

Трассировка квартальной сети показана на рисунке.



Для обоснования возможности и способа присоединения квартальной сети к городскому канализационному колодцу уличной сети определяется отметка лотка трубы участка квартальной сети в контрольном канализационном колодце.

*Z*лККК = 234,6 – 3,4 = 231,2 м.

Отметка поверхности земли у контрольного канализационного колодца определена по генплану участка.

Отметка лотка трубы в городском канализационном колодце (в конце участка ККК – ГКК) определяется с учётом падения линии Δ*h* = *i*·*l* = 0,01·17 = 0,17 м по формуле 2.12

*Z*лККК = 231,2 – 0,17 = 231,03 м

Перепад отметок в контрольном канализационном колодце с учетом отметки лотка трубы в городском канализационном колодце (*Z*лККК) составит: 232,5 – 231,03 = 1,47 м. Для обеспечения перепада движения сточных вод устраивается перепадной колодец.

**Задание 2.7 Расчет дюкера**

**Условие задания.** Выполнить расчет дюкера через реку при следующих исходных данных:

* максимальный расход сточных вод *q*, л/с;
* количество рабочих линий – 2;
* материал труб – сталь;
* скорость движения сточных вод в подводящем коллекторе *v*вх, м/с.
* отметка уровня воды в подводящем коллекторе (в верхней камере дюкера) *Z*вВКД, м;
* высота слоя сточной воды в подводящем коллекторе *h*в, м;
* длина дюкера *l*, м;
* материал труб – сталь;
* гидравлический уклон трубы дюкера *i*;
* местные потери напора *h*м, м.

Теоретической основой для выполнения задания являются СП 32.13330.2018 (п. 5.4, 6.6), таблицы Шевелёвых.

Варианты исходных данных к заданию 2.7

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Максимальный расход сточных вод *q*, л/с | 26 | 44 | 63 | 106 | 148 | 214 | 743 | 850 | 910 | 1039,5 |
| Скорость движения сточных вод в подводящем коллекторе *v*вх, м/с | 1,01 | 1,24 | 1,36 | 1,48 | 1,51 | 1,63 | 1,75 | 1,86 | 1,97 | 2,02 |
| Отметка уровня воды в подводящем коллекторе (в верхней камере дюкера) *Z*вВКД, м | 202,3 | 301,65 | 201,4 | 200,5 | 191,3 | 199,25 | 199,3 | 279,35 | 199,45 | 299,15 |
| Высота слоя сточной воды в подводящем коллекторе  *h*в, м | 0,12 | 0,15 | 0,18 | 0,21 | 0,35 | 0,42 | 0,44 | 0,53 | 0,6 | 0,68 |
| Длина дюкера *l*, м | 100 | 121 | 130 | 142 | 96 | 75 | 170 | 184 | 195 | 200 |
| Гидравлический уклон трубы дюкера *i* | 0,002 | 0,0025 | 0,003 | 0,002 | 0,0025 | 0,003 | 0,002 | 0,0025 | 0,003 | 0,002 |
| Местные потери напора  *h*м, м | 0,11 | 0,12 | 0,03 | 0,048 | 0,057 | 0,065 | 0,07 | 0,082 | 0,09 | 0,01 |

**Пример выполнения задания 2.7**

Принятые исходные данные:

* максимальный расход сточных вод *q* = 214 л/с;
* количество рабочих линий – 2;
* материал труб – сталь;
* скорость движения сточных вод в подводящем коллекторе *v*вх = 1,02 м/с.
* отметка уровня воды в подводящем коллекторе (в верхней камере дюкера) *Z*вВКД = 259,72 м;
* слой сточной воды в подводящем коллекторе *h*в = 0,49 м;
* длина дюкера *l* = 75 м;
* материал труб – сталь;
* гидравлический уклон трубы дюкера *i* = 0,004;
* местные потери напора *h*м = 0,03 м.

Расход сточных вод на одну линию дюкера *q*1 = = 107 л/с.

С учетом расчетного расхода сточных вод по таблицам Шевелёвых подобраны: диаметр труб дюкера *d* = 350 мм, скорость движения сточных вод в дюкере *v*д = 1,03 м/с.

Отметка лотка в нижней камере дюкера определяется по формуле (2.16).

Потери напора на трение по длине определены по формуле (2.19).

*hl* = 0,004 *·* 75 *=* 0,3 м.

Общие потери напора определены по формуле (2.18).

*h =* 0,3 *+* 0,03 = 0,33 м.

Отметка воды в нижней камере определена по формуле (2.17).

*Z*вНКД = 259,72 – 0,33 = 259,39 м.

Отметка лотка в нижней камере дюкера

*Z*лНКД = 259,39 – 0,49 = 258,9 м.

Задание 2.8 Определение объема и размеров приемной ёмкости канализационной насосной установки

**Условие задания.** Определить объем и размерыприемной ёмкости канализационной насосной установки при следующих исходных данных:

* расход сточных вод от промышленного объекта *Q*, м3/cут;
* производительность одного насоса α, %;
* глубина воды в приемной ёмкости насосной установки *h*в, м.

Варианты исходных данных к заданию 2.8

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Расход сточных вод от промышленного объекта *Q*, м3/cут | 228 | 506 | 853 | 1175 | 1440 | 1570 | 1750 | 2160 | 2620 | 3150 |
| Производительность одного насоса α, % | 2,5 | 2,52 | 2,63 | 2,74 | 2,85 | 2,96 | 3,17 | 3,28 | 3,39 | 3,41 |
| Глубина воды в приемной ёмкости насосной установки *h*в, м | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,8 | 2 | 2,2 | 2,3 | 2,4 | 2,5 | 2,52 |

**Пример выполнения задания 2.8**

Принятые исходные данные:

* расход сточных вод от промышленного объекта *Q* = 50 м3/cут;
* производительность одного насоса α = 2,6 %;
* глубина воды в приемной ёмкости насосной установки *h*в = 2 м.

Расход сточных вод на 1 насос:

*Q*1 = = 1,3 м3/ч.

Объем приемной ёмкости насосной установкиопределен по формуле (2.21)

*V*НС = = 0,12 м3.

Приемная ёмкость насосной установкипринята круглой в плане.

Диаметр приемного резервуара при глубине воды в приемном резервуаре КНС1 м определен по формуле (2.23).

*D*НС = = = 0,52 м.

Задание 2.9 Определение диаметров всасывающих и напорных трубопроводов канализационной насосной установки

**Условие задания.** Определить диаметры всасывающих и напорных трубопроводов канализационной насосной установки при известном расходе сточных вод, поступающих к насосной установке, *Q*, м3/ч.

Число всасывающих и напорных трубопроводов *n* принять 2.

Варианты исходных данных к заданию 2.9

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Расход сточных вод, поступающих на КНС *Q*, м3/ч | 9,5 | 21 | 35 | 49 | 55 | 64 | 73 | 90 | 109 | 132 |
| Скорость движения сточных вод:  - во всасывающих трубопроводах *v*вс, м/с | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 1 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 |
| - в напорных трубопроводах *v*н, м/с | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2 | 2,2 | 2,4 | 2,5 |

**Пример выполнения задания 2.9**

Принятые исходные данные:

* расход сточных вод, поступающих к насосной установке, *Q* = 72 м3/ч;
* число всасывающих и напорных трубопроводов *n* = 2.

При двух линиях трубопроводов расход сточных вод на один трубопровод определен по формуле (2.24).

*Q*НС = = 36 м3/ч = 0,01 м3/с

Диаметр всасывающих трубопроводов по расчетному расходу и скорости движения сточных вод *v*вс = 1,5 м/с определен по формуле (2.25).

*d*вс = = = 0,092 м.

Для прокладки всасывающих трубопроводов приняты трубы диаметром 100 мм.

Уточнение скорости движения сточных вод для диаметра 100 мм:

*v* = = = = 1,27 м/с

Диаметр напорных трубопроводов при скорости движения сточных вод *vн* = 2,5 м/с определен по формуле (2.26).

*d*н = = = 0,071 м.

Для прокладки напорных трубопроводов приняты трубы диаметром 75 мм.

Уточнение скорости движения сточных вод для диаметра 75 мм:

*v* = = = = 2,25 м/с

Задание 2.10 Определение требуемого напора канализационной насосной установки

**Условие задания.** Определить требуемый напор канализационной насосной установки, подающей сточные воды на очистную станцию при следующих исходных данных:

* отметка уровня воды в приемной ёмкости насосной установки *Z*вНУ, м;
* отметка уровня воды в приемной камере очистной станции *Z*вОС, м;
* гидравлическое сопротивление напорного трубопровода *i*;
* потери напора в коммуникациях насосной установки *H*НУ, м;
* длина напорных трубопроводов *l*, м.

Варианты исходных данных к заданию 2.10

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | № варианта | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Отметка уровня воды  в приемном резервуаре насосной станции *Z*вНУ, м | 236 | 198,2 | 224,2 | 282,1 | 196,5 | 306 | 257 | 300,1 | 214,9 | 261 |
| Отметка уровня воды в приемной камере  очистной станции (ОС) *Z*вОС, м | 244,1 | 207,5 | 232,5 | 290,7 | 207,5 | 313,2 | 266,8 | 309,8 | 225,9 | 275,5 |
| Гидравлическое сопротивление напорного  трубопровода *i* | 0,003 | | 0,004 | | 0,005 | | 0,006 | | 0,007 | |
| Потери напора  в коммуникациях  насосной станции *H*НУ, м | 0,7 | | 0,8 | | 0,9 | | 1,15 | | 1,2 | |
| Длина напорных  трубопроводов *l*, м | 11 | 12,8 | 13,7 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |

**Пример выполнения задания 2.10**

Принятые исходные данные:

* отметка уровня воды в приемной ёмкости насосной установки *Z*вНУ = 283,5 м;
* отметка уровня воды в приемной камере очистной станции *Z*вОС = 273 м;
* гидравлическое сопротивление напорного трубопровода *i* = 0,003;
* потери напора в коммуникациях насосной установки *H*НУ = 0,5 м;
* длина напорных водоводов *l* = 10 м.

Требуемый напор насосов насосной установки определяется по формуле (2.27).

Геометрическая высота подъема воды определена с учетом отметок уровня воды в приемной ёмкости насосной установки, *Z*вНУ и уровня воды в приемной камере очистной станции *Z*вОС по формуле (2.28).

*h*г = 283,5 – 273 = 10,5 м.

Потери напора в напорном трубопроводе определены по формуле (2.29).

*h*н = 1,1 ⋅ 0,003 ⋅ 10 = 0,033 м.

Запас напора на излив *h*изл принят 1 м.

Требуемый напор насосов насосной установки:

*Н*тр = 10,5 + 0,033 + 0,5 + 1 = 12,03 м.