

Методические материалы для проведения лабораторных и практических занятий

Лабораторная работа 1. ИЗМЕРЕНИЕ РАСХОДА СТОЧНЫХ ВОД В САМОТЕЧНЫХ ЛОТКАХ И КАНАЛАХ

Цель работы: определить расход сточной жидкости в лотке с критической глубиной при истечении через треугольный водослив и через водослив с широким порогом.

При эксплуатации водоотводящих сетей часто возникает необходимость измерять расход сточных вод. Выбор того или иного метода измерения расхода сточных вод должен производиться с учетом особенностей местных условий и требуемой точности измерения.

Наиболее часто применяемые способы измерения расхода сточных вод могут быть подразделены на две группы:

первая – с непосредственным измерением расхода с помощью измерительных лотков и водосливов;

вторая – с измерением площади живого сечения и средней скорости течения воды в том же сечении при помощи поплавков, вертушек, батометров-тахиметров.

Для измерения расхода, поступающего на очистные станции, применяются лотки с критической глубиной (рис. 1.1).

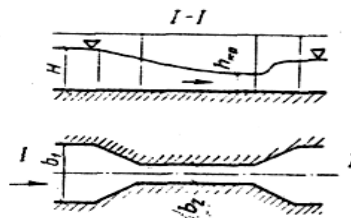


Рис. 1.1. Лоток с критической глубиной

Расход в лотке с критической глубиной определяется по формуле

$$Q = c_1 \cdot A \cdot b_2 \cdot H^{3/2}, \quad (1.1)$$

где $c_1 = 0,97$; $A = f(b_2/b_1)$.

Значения A приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Значения A в формуле

b_1/b_2	A	b_1/b_2	A
0,2	1,72	0,6	1,88

0,3	1,74	0,7	1,95
0,33	1,75	0,8	2,07
0,4	1,77	0,9	2,28
0,5	1,82	1,0	3,13

Для измерения расхода сточных вод широко применяются водосливы с тонкой стенкой и широким порогом (рис 1.2).

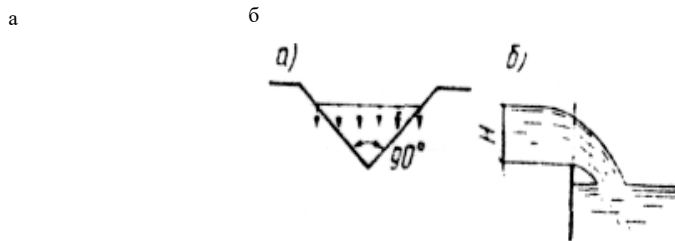


Рис. 1.2. Треугольный водослив:
а – вид с нижнего бьефа; б – продольный разрез.

Расход через треугольный водослив с тонкой стенкой определяется по формуле

$$Q = 1,343 \cdot H^{2,47} . \quad (1.2)$$

Расход через прямоугольный водослив с тонкой стенкой определяется по формуле

$$Q = m_0 b_n b_2 \sqrt{2g} H^{3/2} . \quad (1.3)$$

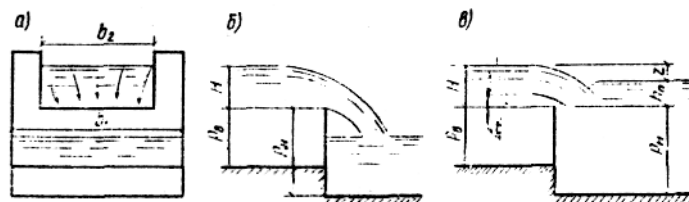


Рис. 1.3. Прямоугольный водослив:
а – вид с нижнего бьефа; б – продольный разрез при неподтопленном истечении воды; в – то же при подтопленном истечении воды.

При малых скоростях подхода коэффициент расхода m_0 определяется по формуле

$$m_0 = 0,405 + \frac{0,0027}{H} ; \quad (1.4)$$

при значительных скоростях подхода

$$m_0 = (0,405 + \frac{0,0027}{H}) [1 + 0,55(\frac{H}{H + \rho_B})^2]; \quad (1.5)$$

Коэффициент подтопления

$$\sigma_{\text{т}} = 1,05(1 + 0,2 \frac{h_{\text{т}}}{\rho_i}) \sqrt[3]{Z/H} . \quad (1.6)$$

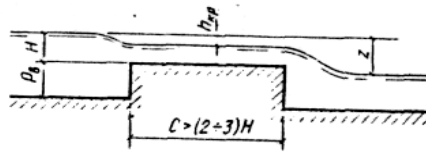


Рис. 1.4. Водослив с широким порогом
(продольный разрез)

Расход через водослив с широким порогом определяется по формуле

$$Q = m\sigma_{\text{т}} b_2 \sqrt{2gH^{3/2}} , \quad (1.7)$$

где m – коэффициент расхода;
 σ – коэффициент бокового сжатия.

$$H_0 = H + \frac{v_0^2}{2g} , \quad (1.8)$$

где v_0 – скорость подхода.

Описание лабораторной установки

Установка для проведения лабораторной работы состоит из гидравлического лотка переменного уклона (3), бака (4) с мерным треугольным водосливом (5) и циркуляционного насоса (1) (рис. 1.6). Вся установка представляет собой циркуляционную систему; расход воды в ней может регулироваться задвижками до и после насоса

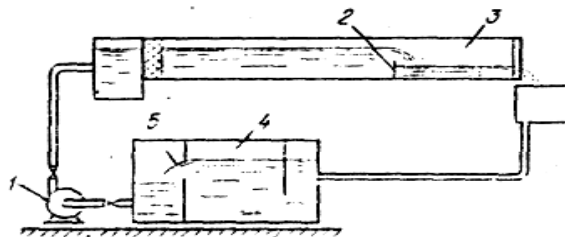


Рис. 1.6. Схема экспериментальной установки
с гидравлическим лотком.

Порядок выполнения работы

1. Перед началом работы измеряют размеры гидравлического лотка, измерительных лотков и водосливов.

2. Наполнение воды, напоры на порогах лотков и водосливов и глубину подтопления $h_{\text{п}}$ измеряют с помощью мерных игл (шпитценмасштабов), которые устанавливают над мерным сечением.

3. Для измерения расхода с помощью гидрометрических вертушек на прямолинейном участке лотка выбирают мерное сечение.

Измерения ширины лотка или водослива следует производить с помощью двух металлических линеек враспор, каждая из которых должна иметь длину меньшую, чем вся измеряемая ширина, но больше половины ее. По высоте каждого устройства необходимо производить несколько измерений.

Глубину потока или напор на пороге водослива вычисляют как разность двух отсчетов по шпитценмасштабу, установленному на дне лотка (или на пороге водослива) и на поверхность воды. Учитывая, что перед лотком с критической глубиной и перед водосливами свободная поверхность воды имеет кривую спада, мерное сечение для измерений величины H должно располагаться перед лотком с критической глубиной и перед водосливами на расстоянии не менее $3H$.

С помощью поверхностных поплавков производятся приближенные измерения расхода.

На выбранном для измерения участке определяется площадь живого сечения F . Скорость течения жидкости на поверхности ($v_{\text{пов}}$) определяется по результатам замеров поплавками скоростей на поверхности у стенок канала (v_1 и v_3) и посередине его (v_2) и вычисляется по формуле

$$v_{\text{пов}} = \frac{v_1 + 2v_2 + v_3}{4}. \quad (1.9)$$

Расход воды определяется по формуле

$$Q = k v_{\text{пов}} F. \quad (1.10)$$

Коэффициент k , представляющий собой отношение средней скорости к скорости на поверхности, определяется по формуле

$$k = \frac{C}{C+14}, \quad (1.11)$$

где C – коэффициент в формуле Шези.

На прямолинейном участке канала выбирают сечение для замера расхода. Намечают на нем несколько вертикалей и точек на вертикали для замера скоростей. Замер скоростей по вертикали в зависимости от глубины канала и требуемой точности измерения расхода может производиться:

в шести точках (у поверхности воды, на глубине 0,2 Н, 0,4 Н, 0,6 Н, 0,8 Н от поверхности воды и у дна);

в трех точках (на глубине 0,2 Н, 0,6 Н и 0,8 Н от поверхности воды);

в двух точках (на глубине 0,2 Н и 0,8 Н от поверхности воды);

в одной точке (у поверхности воды, при измерении скорости у стенок).

По результатам измерений вычисляют средние скорости по вертикали:

$$v = 0,1 (v_{\text{пов}} + 2v_{0,2} + 2v_{0,4} + 2v_{0,6} + 2v_{0,8} + v_{\text{д}}); \quad (1.12)$$

$$v = \frac{v_{0,2} + 2v_{0,6} + v_{0,8}}{4}; \quad (1.13)$$

$$v = \frac{v_{0,2} + v_{0,8}}{2}; \quad (1.14)$$

$$v = kv_{\text{пов}}, \quad (1.15)$$

Где $v_{\text{пов}}$, $v_{0,2}$, $v_{0,4}$, $v_{0,6}$, $v_{0,8}$, $v_{\text{д}}$ – скорости в точках, соответственно у поверхности, на глубине 0,2Н, 0,4Н, 0,6Н, 0,8Н от поверхности воды и у дна (Н –глубина воды);

k – коэффициент, определяемый по формуле (1.12).

Общий расход определяется как сумма расходов между выбранными вертикалями для замера скоростей, каждый из которых равен произведению полусуммы скоростей двух смежных вертикалей на площадь живого сечения между этими же вертикалями.

Для измерения расхода сточных вод применяют гидрометрические вертушки конструкции Владыченского – Жестовского с горизонтальной осью и лопастным винтом. Вертушка этого типа в меньшей степени подвержена обволакиванию тряпьем и бумагой, содержащимися в сточной воде.

Для измерения расхода поплавками выбирают измерительный участок. Начало и конец его фиксируют на стенках лотка. Запуск поплавков следует производить до начала измерительного участка. Время движения поплавка должно определяться с помощью секундомера, который следует включать в момент прохода поплавка у начала измерительного участка, а выключать – в момент прохода у конца измерительного участка. Поверхностные скорости у стенок и в середине следует определять по результатам запусков не менее трех поплавков. В качестве поплавков можно использовать деревянные брусочки. Один конец их следует утяжелить металлическими деталями для обеспечения погружения части поплавка в воду.

Обработка результатов исследований

Данные измерений расхода лотками и водосливами при проведении опытов заносят в табл. 1.2. Расходы вычисляют по приведенным выше формулам.

Результаты измерений и вычислений скоростей и расходов заносят в табл. 1.3 и 1.4.

Над ним поперек лотка укладывается доска-мостик, на которой фиксируются положения мерных вертикалей.

Замер скоростей производят вертушкой, закрепленной на штанге, глубину потока – измеряют штангой (так производится замер глубин потока при натуральных измерениях).

Каждым из описанных способов рекомендуется произвести измерения при двух разных расходах, а результаты измерений одного и того же расхода разными методами сравнить между собой.

Лабораторная работа 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы: определить расход сточных вод, протекающих по трубопроводу, ($d = 100$ мм) объемным способом и при помощи треугольного водослива; определить скорость, соответствующую началу выпадения песка в осадок, которая называется критической.

Сточные воды сильно загрязнены различными примесями. Нерастворенная их часть может иметь как органическое, так и неорганическое происхождение. Примеси органического происхождения, обладающие малым удельным весом, хорошо транспортируются по водоотводящим сетям, а примеси неорганического происхождения (песок, шлак, бой стекла и др.) – лишь при весьма значительных скоростях.

В связи с этим расчетные скорости в водоотводящей сети выбираются исходя из условия транспортировки песка и других примесей неорганического происхождения, содержащихся в сточной жидкости.

Наблюдениями установлено, что песок при движении сточной жидкости по сети может находиться в трех состояниях:

- 1) когда нерастворимые примеси находятся во взвешенном состоянии при значительных скоростях потока, осадок не выпадает;
- 2) при сравнительно малых скоростях потока нерастворимые примеси постоянно выпадают в осадок;
- 3) при высоких скоростях потока, когда нерастворимые примеси находятся в подвижном состоянии, передвижение осадка происходит постоянно.

Содержащиеся в сточных водах нерастворимые примеси способны выпадать в осадок, сужать сечение трубопроводов и вызывать их полное засорение. Наиболее сложно транспортируются потоком воды минеральные примеси, обладающие большей плотностью. Транспортировка нерастворенных примесей потоком является следствием его турбулентности. При определенных малых скоростях взвешенные вещества осаждаются на дно и образуют плотный слой осадка. При достижении определенной скорости осадок приходит в движение, образуя слой, имеющий форму непрерывных гряд, которые движутся в направлении потока,

но с меньшей скоростью. Скорость, соответствующая началу движения осадка, называется размывающей. При дальнейшем увеличении скорости и достижении определенного значения весь осадок взвешивается турбулентным потоком, а трубопровод самоочищается. Скорость, соответствующая этому моменту, называется самоочищающей. Известно также понятие критической скорости. Эта скорость, которая соответствует началу осаждения примесей (при уменьшении скорости) или полного самоочищения (при увеличении скорости).

Для определения критических скоростей в водоотводящих сетях предложен ряд формул. Наиболее распространенной и часто применяемой из них является формула профессоров Н. Ф. Федорова и А. М. Курганова

$$v_{кр} = A\sqrt[n]{R}, \quad (2.1)$$

где $A = 1,42$ и $n = 4,5 + 0,5R$ с учетом корректировки М. И. Алексева;

n – показатель степени;

R – гидравлический радиус, м $\left(R = \frac{D}{4}\right)$.

Описание лабораторной установки

При помощи регулятора уклона трубопровода 9 визуально устанавливается уклон, больше, чем минимальный, соответствующий критической скорости при принятом наполнении (рис. 2.1.).

Включается в работу насос б и трубопровод заполняется водой. Определяется положение лотка трубопровода и уровня воды в двух расчетных сечениях а и б и вычисляется уклон трубопровода по выражению

$$i = \frac{H_a - H_b}{l}. \quad (2.2)$$

Одновременно вычисляется наполнение трубопровода в расчетных точках h_a и h_b и определяется средняя величина наполнения $h_{ср}$.

Расход сточных вод определяется объемным способом при помощи бака 2. где W – объем воды, поступившей в бак, в л за t секунд.

По треугольному водосливу 3б с помощью шпитцен масштаба 4 определяется расход сточных вод.

Обработка результатов исследований

Расход сточных вод определяется объемным способом по формуле

$$Q = \frac{W}{t}, \text{ л/с}, \quad (2.3)$$

где W – объем воды, поступившей в бак, в л за t секунд.

По треугольному водосливу расход сточных вод определяется по формуле

$$Q = 1.343 H^{2.47}, \quad (2.4)$$

где H – перепад уровня воды и порога водослива, который определяется с помощью шпитцен масштаба.

Результаты опытов записываются в табл. 2.1.

После определения расхода воды включается в работу песковой дозатор и визуально устанавливается выпадение песка на дно трубопровода. Если песок не выпадает, то уклон трубопровода уменьшается и опыт повторяется до момента выпадения на дно трубопровода песка. Критическая скорость определяется как величина, средняя между опытом, показавшим выпадение песка в осадок, и предшествующим ему опытом.

Для получения исследуемой жидкости, приближенной к составу сточных вод по минеральным загрязнениям, принята концентрация песка в сточной воде, равная 300 мг/л, крупностью фракций 1 мм. Расход песка составляет в среднем 1,2 г/с.

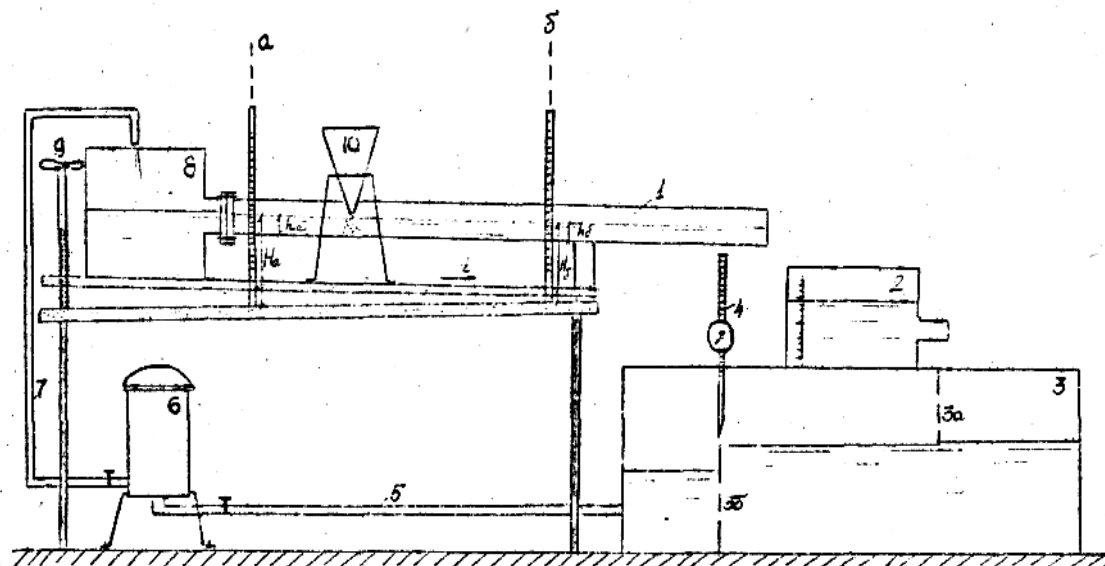


Рис. 2.1. Схема лабораторной установки по определению критической скорости потока сточных вод: 1 – стеклянный трубопровод = 100 мм; 2 – мернорегулирующая емкость; 3 – сборная емкость; 4 – шпитценмасштаб; 5 – всасывающий трубопровод; 6 – насос; 7 – напорный трубопровод; 8 – бак-гаситель; 9 – регулятор уклона трубопровода; 10 – дозатор песка; 3а – полупогружная доска; 3б – треугольный водослив

Лабораторная работа 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕТИКИ ОСАЖДЕНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы: построение кривой седиментации;

изучение влияния высоты слоя исследуемой жидкости на эффект осаждения взвеси.

При рассмотрении вопроса о составе сточных вод одним из важных понятий является концентрация загрязнений, т.е. количество загрязнений, приходящееся на единицу объема воды, исчисляемое обычно в мг/л или г/м³.

Нерастворимые вещества в сточных водах могут быть в грубодисперсном (в виде грубой взвеси) и тонкодисперсном (эмульсии, суспензии, пена) состояниях.

При принятой методике анализов часть нерастворенных веществ в сточных водах, задержанных на бумажном фильтре, называют взвешенными веществами. Общее количество взвешенных веществ в бытовых сточных водах составляет около 65 г на одного человека в сутки.

Наиболее простым и часто применяемым в практике очистки методом выделения из стоков грубодисперсных примесей является способ отстаивания. На процесс осаждения взвешенных веществ влияет сложный комплекс физико-химических и гидравлических условий (вес, величина, форма примесей, взаимодействие их между собой, гидравлическая крупность и т.п.). Осветление сточных вод производится в отстойниках различных конструкций.

Кинетику осаждения грубодисперсных частиц устанавливают экспериментально путем построения кривых осаждения (седиментации). Кривую седиментации получают путем откладывания на оси ординат количества выпавшей взвеси в процентах от общего количества взвешенных веществ, а на оси абсцисс – продолжительности отстаивания (рис. 3.1). Кривые выпадения взвеси характеризуют ее дисперсный состав и поведение при отстаивании. Чем круче начальный участок кривой, тем больше крупность и неоднородность взвеси и тем быстрее она оседает. Переход кривой в прямую линию, параллельную оси абсцисс, указывает на завершение процесса отстаивания, при этом в сточной воде еще может остаться значительное количество примесей, обладающих удельным весом, равным весу самой воды. Удаление их путем отстаивания невозможно, поэтому за 100% принимают количество грубодисперсных примесей, осевших в течение 2-х часового отстаивания. Поэтому расчет сооружений по осветлению сточных вод производится на 1,5 – 2-х часовое отстаивание.

Осадок характеризуется большой влажностью. Влажность осадка представляет собой отношение веса воды в осадке к общему весу осадка и выражается в процентах. Влажность определяется путем взвешивания сырого и высушенного при 105°C осадка.

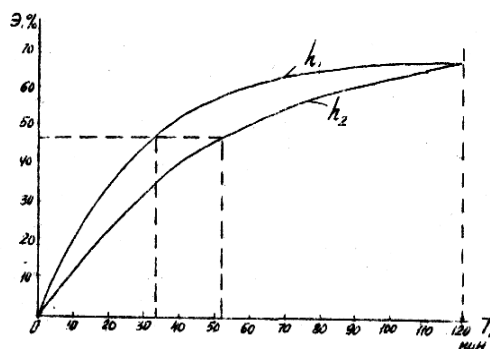


Рис. 3.1. Кривые кинетики осаждения взвеси

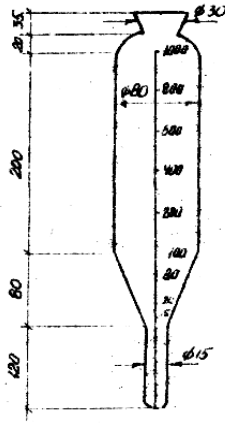


Рис. 3.2. Сосуд Лисенко

В настоящее время существует несколько методов, с помощью которых можно получить данные для построения кривых осаждения взвеси, основными из которых являются весовой и объемный.

Определение кинетики осаждения в лабораторных условиях осуществляется в сосудах Лисенко (рис. 3.2).

Объемный метод: в сосуде, наполненном тщательно взболтанной жидкостью, определяют объемы осадка h , образующегося через определенные интервалы времени. Количество осадка, выпадающего через указанные интервалы времени, выражают в процентах от объема осадка, образующегося за 120 минут отстаивания H . Эти проценты и указывают эффект осаждения взвешенных веществ:

$$\Theta = \frac{H-h}{H} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

Весовой метод заключается в определении концентрации взвешенных веществ в исходной воде $C_{исх.}$ и концентрации загрязнений в осветленной воде $C_{осв.}$, определяемой после определенных интервалов времени отстаивания сточных вод. Эффект осветления определяется по выражению

$$\Theta = \frac{C_{исх.} - C_{осв.}}{C_{исх.}} \cdot 100\% \quad (3.2)$$

Получив в лабораторных условиях кривую седиментации, еще нельзя сказать, что в естественных условиях при другой высоте отстаивания мы получим такой же эффект осветления.

Связь между временем и высотой отстаивания определяется зависимостью

$$\frac{t_2}{t_1} = \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^n, \quad (3.3)$$

где t_1 и t_2 – время отстаивания, соответствующее одинаковому эффекту осветления;

h_1 и h_2 – высота отстаивания;

n – показатель степени, отражающий влияние укрупнения частиц на скорость их осаждения (для агрегативно устойчивых частиц $n = 1$, для скоагулированных хлопьев в сточной воде – $n = 0,5$, для городских сточных вод – $n = 0,3$).

Получив показатель степени n , можно определить необходимую глубину отстойника для задержания взвеси по требуемому эффекту осветления.

Описание лабораторной установки.

Схема лабораторной установки изображена на рис. 3.3. Установка состоит из цилиндра-отстойника емкостью 600 мл, суженного книзу и имеющего на конце резиновый шланг с зажимом для его опорожнения. Отстойник закрепляется в вертикальном положении в штативе. Для определения концентрации взвешенных веществ используются мерные цилиндры емкостью 100 мл, стеклянные воронки, бюксы, бумажные фильтры, сушильный шкаф и аналитические весы.

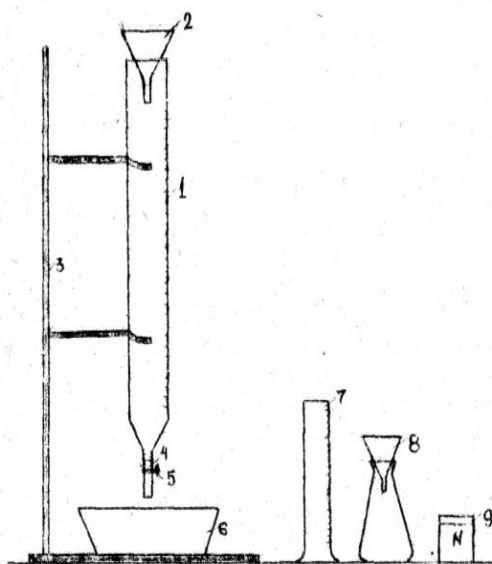


Рис.3.3. Схема лабораторной установки:

- 1 – градуированный цилиндр-отстойник; 2 – воронка;
- 3 – штатив с зажимами; 4 – резиновый шланг; 5 – зажим;
- 6 – емкость для опорожнения сосуда; 7 – мерный цилиндр;
- 8 – воронка с колбой для фильтрования осветленной пробы;
- 9 – бюкс

Порядок выполнения работы

1. Определение концентрации взвешенных веществ в исходной воде. Исходная вода тщательно перемешивается и отбирается проба в объеме 100 мл. Проба профильтровывается через бумажный фильтр, который был высушен вместе с бюксом при температуре 105°C и масса которого нам уже известна. Фильтр с задержанными на нем взвешенными веществами помещается опять в бюкс и высушивается в сушильном шкафу, после чего бюкс взвешивается. Разница масс

бюкса с высушенным осадком и массы бюкса до начала опыта, отнесенная к объему профильтрованной пробы, и даст концентрацию взвешенных веществ в исходной воде. По такой же методике определяется концентрация загрязнений и в отстоянной сточной воде.

2. Построение кривой осаждения взвеси. В несколько сосудов-отстойников (количество их зависит от интервалов времени, через которые производится наблюдение за процессом осветления воды) наливают одинаковые объемы исследуемой жидкости, заранее тщательно перемешанной. Каждый сосуд ставится на определенное время отстаивания (10, 20, 30 и т.д. мин). По истечении указанного времени из сосуда через спускной кран аккуратно сливается выпавший осадок и отбирается проба осветленной воды в объеме 100 мл для определения в ней концентрации загрязнений $C_{осв.}$; после вычисления $C_{осв.}$ и $C_{исх.}$ определяются эффекты осветления, соответствующие определенным продолжительностям осветления.

Обработка результатов исследований

По полученным результатам строится кривая кинетики осаждения взвеси. Для получения показателя степени строятся две кривые седиментации, для чего часть сосудов заполняется на высоту $h_1 = 500$ мм, часть сосудов – на высоту $h_2 = 1000$ мм.

Для записи опытных данных используют табл. 3.1.

Таблица 3.1. Определение эффекта осветления

Продолжительность отстаивания, мин	10	20	30	40	50
Номер бюкса					
Масса высушенного бюкса, г					
Масса бюкса с высушенным осадком, г					
Объем фильтруемой пробы, мл					
Концентрация взвешенных веществ, мг/л					

Эффект осветления определяют по формуле

$$\Theta = \frac{C_{исх.} - C_{осв.}}{C_{исх.}} \cdot 100\% .$$

Показатель степени n можно получить из выражения

$$n = \frac{\lg \frac{t_2}{t_1}}{\lg \frac{h_2}{h_1}} = \frac{\lg \frac{t_2}{t_1}}{\lg \frac{100}{50}} = 3.33 \lg \frac{t_2}{t_1} , \quad (3.4)$$

где t_1 и t_2 – время осветления воды в сосудах глубиной соответственно $h_1 = 500$ мм и $h_2 = 1000$ мм, которые при одинаковых эффектах осветления определяются по графику.

1 – при $h_1 = 500$ мм; 2 – при $h_2 = 1000$ мм; 3 – при H (глубина отстойника).

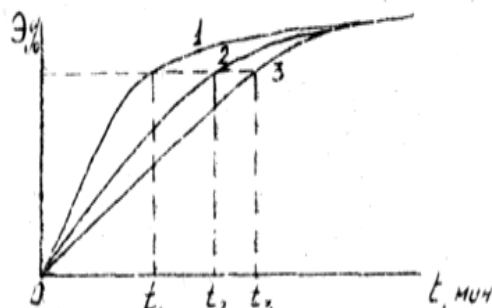


Рис. 3.4. Кривые седиментации.

Для более точных вычислений величину n принимают как среднеарифметическое значение, полученное для различных величин эффекта осветления.

Результаты вычислений для определения показателя степени записываются в табл. 3.2.

Таблица 3.2. Определение показателя степени осветления

Эффект осветления, Э, %	Время, мин		$\lg \frac{t_2}{t_1}$	n
	t_1	t_2		

Время осветления воды в отстойнике глубиной H , в котором эффект осветления воды будет такой же, как в сосуде глубиной $h_1 = 500$ мм, вычисляется по формуле

$$t_3 = t_1 \left(\frac{H}{h_1} \right)^n.$$

Для построения кривой седиментации отстойника глубиной H производятся вычисления, заносимые в табл. 3.3.

Таблица 3.3. Кривая седиментации отстойника глубиной H

Эффект осветления, Э, %	t, мин	$\frac{H}{h_1}$	$\lg \frac{H}{h_1}$	$\left(\frac{H}{h_1} \right)^n$	t_3 , мин

Лабораторная работа 4. ИЗУЧЕНИЕ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ТЕЛЕИНСПЕКТИРОВАНИЯ ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЕЙ

Цель работы: изучить оборудование для телеинспекции; провести инспекцию водоотводящих сетей корпуса №11

Телеинспекция – это обследование трубопроводов с помощью видеооборудования.

Проведение видеодиагностики трубопроводов различных назначений направлено на быстрое выявление слабых мест в трубах. Изучение состояния внутренних полостей труб, без их разбора, с помощью видеорегистратора позволяет выявить образовавшиеся дефекты. В дальнейшем совершается их устранение методами с наружной стороны, либо применяя устройства для работы изнутри.

Система телеинспекции трубопроводов (аналог КСД-160) с кабелем 120 м, диаметром 9,5 мм в барабане, цветной камерой, клавиатурой и блоком управления, аккумулятором, кейсом позволяет в режиме реального времени обследовать внутреннюю поверхность трубопроводов различных назначений, оценить повреждения, локализовать место засора (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Система телеинспекции трубопроводов

Она состоит из комплекса оборудования, главным из которых является видеорегистратор. С его помощью проходит теле инспекция трубопроводов без их вскрытия. Прибор опускается во внутреннюю полость канализационной трубы.

Технические характеристики:

- диаметр исследуемых труб – до 600 мм;
- длина исследуемых труб – 120 м;
- камера поворотная – диаметр 50 мм;
- управление – запись на SD, клавиатура, счетчик расстояния;
- передатчик – 512 Гц;
- длина прутка – 120 м;
- диаметр прутка – 9,5 мм;
- счетчик метража – есть;
- габариты /масса – 770 x 371 x 820 мм / 40 кг.

Телеинспекция трубопроводов может потребоваться в следующих случаях:

– при возникновении нужды в подключении к действующей системе канализации, дренажной линии. В этом случае использование системы теледиагностики понадобится для оценки состояния места планируемого подключения нового водостока;

– для локализации места повреждения и дальнейшего его ремонта в конкретном узле. Это приводит к снижению затрат на полную раскопку или выемку из общего стояка. Такие работы проводятся для раннего выявления износа стенок, который проявляется при плановом старении оборудования или в аварийных режимах. При образовании больших пробоев в водоотводящих трубах, могут возникнуть проблемы с просадкой грунта или заливанием стен по стояку, в зависимости от способа прокладки. Эти факторы несут существенный вред экологическому состоянию окружающей среды. Поэтому использование указанной аппаратуры является актуальным;

– диагностирование состояния водоотводящих труб. Процедура является нужной при работах устройств с использованием системы телеизмерений. Она направлена на выявление вероятных дефектов на ранней стадии формирования. Это позволяет значительно снизить расходы на проведение плановых работ. Не потребуется демонтировать изношенные участки водоотводящих сетей. Для устранения выявленных дефектов используются роботы, которые укрепляют ослабшие участки;

– при образовании заторов в системе канализации частных и общественных зданиях. С оборудованием можно быстро определить место образования затора. Это позволит принять соответствующие меры по восстановлению нормального прохода внутри канализации. С видео инспекцией при плановых проверках, можно определить места вероятного образования наростов, которые могут привести к затору;

– для анализа состояния вновь смонтированных труб, подлежащих к сдаче в эксплуатацию. Процедура является обязательной к исполнению. В процессе приемки трубопроводов водоотводящих сетей, система теле инспекции способна определить проведенные монтажные работы. При необходимости устраняются выявленные дефекты.

Для передачи изображения в системах видеодиагностики используются оптоволоконные кабели со значительной длиной, которые позволяют обследовать труднодоступные места. Специальные барабаны помогают осуществлять сматывание или разматывание кабеля. Практически любой монитор можно подключить к такому виду оборудования: от самого простого до моделей с высокой четкостью, которые имеют большое количество функций. Режим реального времени используют самые простые мониторы при трансляции картинки.

Лабораторная работа 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы: определить влажность, плотность и концентрацию исходного и обезвоженного осадка;

определить зольность осадка;

определение удельного сопротивления осадка.

В качестве дополнительного лабораторного оборудования, которое необходимо для выполнения работы используют набор бюксов, весы, секундомер, сушильный шкаф.

В результате механической и биологической очистки сточных вод на очистных станциях образуются различного вида осадки. Это отбросы, задерживаемые решетками; осадок, выпадающий в первичных отстойниках; активный ил или биопленка, образующиеся в сооружениях биологической очистки сточных вод. Общий объем осадка, как правило, не превышает 1% объема обрабатываемых стоков, при этом на долю активного ила приходится 60 – 70 % образующихся осадков.

Основной задачей обработки осадков является уменьшение его объема за счет отделения воды и получения транспортабельного продукта. Осадки плохо отдают воду и относятся к категории трудно фильтрующихся суспензий. Соотношение в осадках между свободной и связанной водой влияет на их способность отдавать воду.

Основными свойствами осадка являются следующие показатели: влажность, зольность, плотность, концентрация, удельное сопротивление.

Влажность осадка (P_{mud}) характеризуется отношением массы воды к общей массе влажного осадка:

$$P_{\text{mud}} = \frac{M_w}{M_{\text{mudw}}} \cdot 100\% , \quad (5.1)$$

где M_w – масса воды, кг;

M_{mudw} – масса влажного осадка, кг.

Зольность (S) характеризует содержание в осадке минеральных примесей. Измеряется в долях от единицы. Зольность осадка городских сточных вод составляет $S = 0,3$.

Плотность осадка характеризует массу единицы его объема и выражается отношением массы всех составных компонентов осадка к его объему:

$$\rho = \frac{M_{\text{mudw}}}{V} , \text{ кг/м}^3 , \quad (5.2)$$

где M_{mudw} – масса осадка со всеми включениями, кг;

V – объем осадка, м^3 .

Концентрация осадка (C) – количество твердых частиц сухого или растворенного вещества, находящегося в 1 м^3 осадка:

$$C = \frac{100 - P_{\text{мид}}}{100}, \text{ кг/м}^3. \quad (5.3)$$

Удельное сопротивление осадка характеризует сопротивление фильтрации и водоотдачу (фильтруемость) осадков.

Удельным сопротивлением осадка называют сопротивление единицы массы (твердой фазы), отлагающейся на единице площади фильтра, при фильтровании под постоянным давлением суспензии, вязкость жидкой фазы, которой равна единице.

Удельное сопротивление осадка определяется по формуле

$$r_{\text{мид}} = \frac{2 \cdot P \cdot F^2}{C \cdot \eta} \cdot b, \quad (5.4)$$

где P – давление (вакуум), при котором происходит фильтрование;

F – площадь фильтрующей поверхности;

η – вязкость фильтрата;

C – масса твердой фазы кека, отлагающегося на фильтре при получении единицы объема фильтрата;

b – параметр, получаемый опытным путем,

$$b = \frac{\tau}{V^2},$$

где τ – время фильтрации;

V – объем выделяемого фильтрата.

Удельное сопротивление осадков служит исходной величиной при выборе метода обработки осадка.

Описание лабораторной установки

Схема лабораторной установки изображена на рис. 5.1.

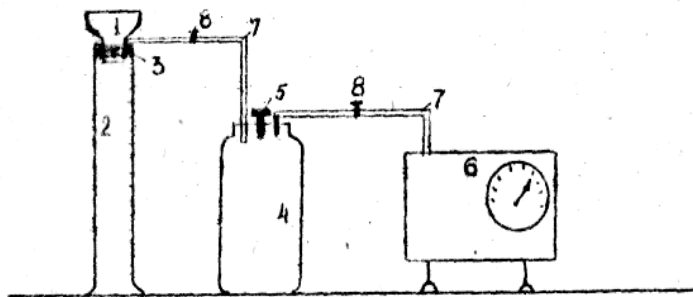


Рис. 5.1. Схема лабораторной установки:
1 – воронка Бюхнера емкостью 200 мл;
2 – мерный цилиндр емкостью 300 – 500 мл;
3 – резиновая пробка; 4 – колба; 5 – регулятор давления;
6 – вакуумнасос с вакууметром;
7 – резиновые вакуумные шланги; 8 – запорный кран.

Порядок выполнения работы

1. Определение влажности, плотности и концентрации осадка.

Взвесить пустой мерный стакан. Отобрать в него осадок в объеме 50 – 100 мл. Взвесить стакан с осадком. Разница весов – масса влажного осадка M_{mudw} .

Из подготовленного (высушенного и взвешенного) бюкса с фильтром взять фильтр и профильтровать через него осадок.

Фильтр с осадком заложить в бюксы и высушить его при комнатной температуре, а затем в сушильном шкафу при температуре 105°C . Разница весов бюкса до и после сушки даст массу сухого осадка M_{mud} .

Необходимые величины характеристик осадка определяем в следующей последовательности по формулам:

плотность –

$$\rho = \frac{M_{\text{mudw}}}{V}, \text{ кг/м}^3; \quad (5.5)$$

влажность –

$$\rho_{\text{mud}} = \frac{M_{\text{mudw}} - M}{M_{\text{mudw}} - M_{\text{mud}}} \cdot 100\%; \quad (5.6)$$

концентрация –

$$C = \frac{100 - \rho_{\text{mud}}}{100} \cdot \rho, \text{ кг/м}^3. \quad (5.7)$$

2. Определение зольности осадка.

Для определения зольности осадка берется навеска заранее высушенного осадка, которая помещается в фарфоровый тигель, предварительно прокаленный и взвешенный.

Тигель с осадком взвешивается и помещается в муфельную печь, где в течение 20 мин прокаливается при температуре 800°C. После этого тигель охлаждается в эксикаторе и взвешивается.

Взвешивания производятся на аналитических весах.

3. Определение удельного сопротивления осадка.

Определение удельного сопротивления производится объемным способом, по которому параметр r_{mud} определяется графическим способом, путем построения графика зависимости V от $\frac{\tau}{V}$.

где V – объем образующегося фильтрата при механическом обезвоживании осадка вакуумфильтрованием;

τ – продолжительность фильтрования.

Ход работы (рис. 5.1):

– на воронки Бюхнера 1 плотно укладывается смоченный фильтр, размеры которого равны размерам воронки;

– при закрытом запорном кране 8 включается вакуумнасос 6 и при помощи регулятора 5 по показаниям вакуумметра 6 вакуум доводится до определенной величины;

– в воронку Бюхнера наливают 150 – 200 мл осадка и открывают запорный кран 8, при этом наблюдается некоторое падение вакуума, которое при помощи регулятора 5 доводится до начальной величины;

– с момента восстановления вакуума начинаются наблюдения за прибыванием фильтрата через определенные промежутки времени (10 – 20 с);

– фильтрование продолжается до тех пор, пока на поверхности осадка не покажутся трещины.

Обработка результатов исследований

Результаты проделанной работы заносятся в табл. 5.1.

Таблица 5.1. **Определение влажности, плотности и концентрации осадка**

№ бюкса	Масса пустого бюкса, М, г	Масса бюкса с осадком, г	Масса сырого осадка, M_{mudw} , Г	Объем осадка, V, см ³	Плотность осадка, ρ , г/см ³	Масса бюкса с фильтратом, М, г	Масса бюкса с сырым осадком, г	Масса бюкса с высушенным осадком, г
1	2	3	4	5	6	7	8	9

продолжение табл. 5.1

Масса сырого осадка, M_{mudw} , г	Масса сухого осадка, M_{mud} , Г	Влажность, ρ_{mud} , %	Концентрация, С, кг/м ³	Примечания
10	11	12	13	14

Опытные данные заносятся в табл. 5.2.

Таблица 5.2. **Результаты данных опыта по определению зольности осадка**

№ тигля	Масса пустого тигля, М, г	Масса тигля с высушенным осадком, М1, г	Масса тигля с прокаленным осадком, М2, г	Зольность $S = \frac{M_2 - M}{M_1 - M} \cdot 100\%$
1	2	3	4	5

Результаты наблюдений записываются в табл. 5.3.

Таблица 5.3. **Результаты опытного определения удельного сопротивления осадка**

τ , с	Объем фильтрата, см ³ , V`	$V = V' - \frac{\tau}{v}$	K	$b = \frac{a}{D}$	Γ_{mud}

Примечание. V_0 – объем фильтрата, полученный до установления постоянного вакуума.

По полученным данным строится график зависимости $v = f\left(\frac{\tau}{V}\right)$ (рис. 5.2), по которому определяются значения параметра, после чего определяется удельное сопротивление осадка по формуле

$$r_{\text{муд}} = \frac{2 \cdot b \cdot p \cdot F^2}{C \cdot \eta} \quad (5.8)$$

Если обозначить постоянные, входящие в уравнение $\frac{2 \cdot p \cdot F^2}{\eta} = K$, тогда формула примет следующий вид:

$$r_{\text{муд}} = K \cdot \frac{b}{C} \quad (5.9)$$

В процессе фильтрования остаются неизменными величины p , F , η . В лабораторных исследованиях принимается: $F = 50,24 \text{ см}^2$; $P = 500 \text{ мм рт. ст. или } 500 \cdot 1333,22 = 666600 \text{ г/см сек}^2$; $\eta = 0,01 \text{ пуаз}$, тогда коэффициент K примет величину:

$$K = \frac{2 \cdot 666600 \cdot 50 \cdot 24^2}{0,01} = 33,6 \cdot 10^{10}, \text{ см}^4/\text{с} \quad (5.10)$$

При определении параметра в с/см^6 и концентрации осадка C в г/см^3 $r_{\text{муд}}$ удельное сопротивление осадка измеряется в см/г .

После определения удельного сопротивления осадка определяется влажность кека (результаты определения записаны в табл. 5.1).

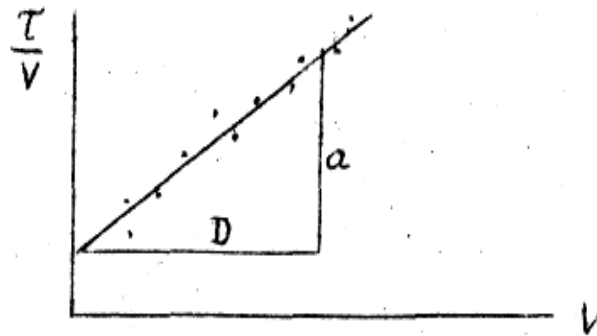


Рис. 5.2. График зависимости $v = f\left(\frac{\tau}{V}\right)$.

Лабораторная работа 6. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СООРУЖЕНИЙ НА ВОДООТВОДЯЩЕЙ СЕТИ

Цель работы: изучить конструкции колодцев из различных материалов.

На водоотводящих сетях устанавливают колодцы и камеры. По своему назначению колодцы могут быть смотровыми, соединительными, поворотными, перепадными и промывными. Они устанавливаются: в местах изменения диаметров, уклонов, направления, в местах присоединения притоков, в случаях необходимости устройства перепадов. На прямых участках при диаметре труб от 150 до 600 мм колодцы устраиваются через 50 м, при диаметре от 600 до 400 мм – через 75 м, при диаметре 1400 мм и более – через 150 м.

В начальных участках сети при слабых наполнениях труб, необеспечивающих незаиливающих скоростей движения сточных вод устанавливают промывные колодцы. Их наполняют водой и снабжают приспособлениями для быстрого (залпового) ее сброса в промывной участок сети.

По материалам изготовления колодцы могут быть железобетонные и пластиковые.

Железобетонные колодцы представляют собой сборную конструкцию. В комплект, которого входят следующие элементы: плита основания, стеновые кольца, плита перекрытия, крышка или дорожная плита для закрывания основания колодца.

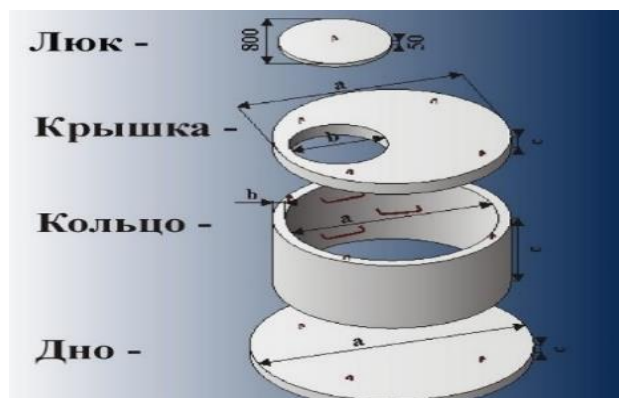


Рис. 6.1. Элементы железобетонного колодца

Колодцы обладают отличной герметичностью, а также в них можно устанавливать дополнительное оборудование. Благодаря встроенным скобам упрощается процесс перемещения человека внутри конструкции. Они имеют высокую прочность и устойчивость к температурным перепадам, выдерживают сильные морозы и зной, не утрачивая первоначальных характеристик на протяжении всего эксплуатационного срока.

Смотровой колодец устанавливают на водоотводящих сетях для осмотра во время эксплуатации.



Рис. 6.2. Смотровой колодец

Перепадный колодец устанавливается для трубопроводов с диаметром 125 – 200 мм с перепадом от 0,3 до 0,6 м, а с диаметром 250 – 400 мм с перепадом от 0,3 до 4,0 м.

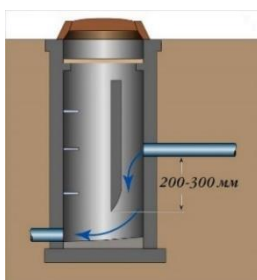


Рис. 6.3. Перепадный колодец

Поворотный колодец применяется в условиях резких поворотов трубопроводов.



Рис. 6.4. Поворотный колодец

Пластиковые колодцы по материалам делятся на полимерпесчаные, полиэтиленовые, стеклопластик.

Сборный колодец из полимерпесчаного материала состоит из колодезных колец, конуса, люка и днища. Данный материал - ударопрочный, износостойкий, морозостойкий и не впитывающий влагу, не подвергающийся обледенению. Имеет высокую герметичность и срок службы около 100 лет. Данное преимущество по сравнению с железобетонным обеспечивается за счет своего состава — полимера и песка.



Рис. 6.5. Полимерпесчаный колодец

Полиэтиленовый колодец представляет собой цельное сооружение, поэтому и гарантирует полную водонепроницаемость. Он легче монтируется, чем бетонный. Он не устойчив к ударам и иному механическому воздействию, легкий вес его обуславливает неустойчивое расположение, что может привести к выбросу колодца на поверхность вследствие присутствия высокого уровня грунтовых вод.



Рис. 6.6. Полиэтиленовый колодец

Стеклопластиковые колодцы состоят из высокотехнических материалов и имеют множество свойств и преимуществ: коррозионную стойкость, прочность, безопасность отсутствие внутренней и внешней коррозии. Стекловолокно выдерживает воздействие самых агрессивных химических соединений.

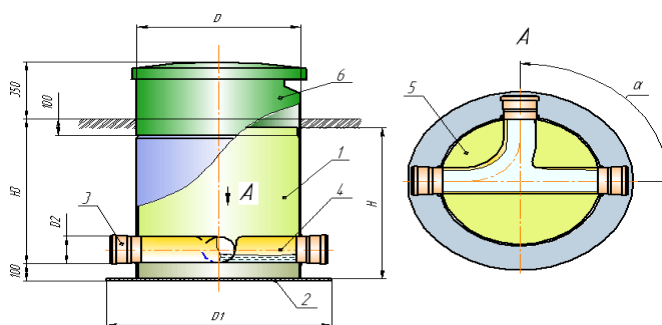


Рис. 6.7. Колодец стеклопластиковый смотровой
 1. Корпус (стеклопластик); 2. Днище;
 3. Патрубок с раструбным соединением;
 4. Лоток; 5. Полка лотка; 6. Люк (стеклопластик)

Полипропиленовый колодец – прочный, с большой износостойкостью, морозостойкие, не деформируются при замерзании жидкости, инертен к химическим соединениям.



Рис.6.8. Полипропиленовый колодец

Камеры устраиваются на всех водоотводящих сетях в местах соединения нескольких водоотводящих линий больших диаметров в один коллектор. Камеры из сборного железобетона могут быть круглыми и прямоугольными.

Конструкция колодцев и камер зависит от диаметров труб, глубины их заложения, от гидрогеологических условий, положения уровня грунтовых вод их агрессивности. Внутри колодцев и камер трубы заменяются открытыми лотками.

Лабораторная работа 7. КАНАЛИЗАЦИОННЫЕ ТРУБЫ, ФИТИНГИ

Цель работы: изучить технические данные по выпускаемым трубам; изучить типы фитингов.

Расчетный срок действия водоотводящих сетей устанавливается с учетом их амортизации. Учитывая, что водоотводящая сеть находится в земле, при переменных условиях влажности и наличии различных сред (кислотных, щелочных и др.), а также в ряде случаев блуждающих токов (сточная жидкость сама может быть агрессивной). Материалы, которые используются для изготовления труб, должны удовлетворять строительным, технологическим и экономическим требованиям. Строительные требования заключаются в обеспечении прочности и долговечности конструкций, и следовательно, удовлетворять особым условиям прочности, без деформаций воспринимать постоянную нагрузку от веса грунта, над ними расположенного, и временную нагрузку от движущегося транспорта. Самотечные водоотводящие сети в случае засора могут испытывать внутреннее давление от столба воды высотой, равной глубине заложения коллектора.

Технологические – в обеспечении водонепроницаемости и максимальной пропускной способности труб, а также исключении их истирания при механическом воздействии твердых веществ, соединяющихся в потоке сточных вод, особенно

движущихся в придонном слое (песок, гравий, шлак и др.). Быть водонепроницаемыми, то есть не пропускать сточные воды в грунт и грунтовые – в водоотводящую сеть. В первом случае сточные воды будут загрязнять поток грунтовых вод, если он имеется, или просто заражать окружающий грунт, что очень опасно в гигиеническом отношении. Во втором случае может значительно увеличиться поступление сточных вод на насосные станции и очистные сооружения. Не подвергаться коррозии с внешней стороны от действия блуждающих электрических токов и агрессивных грунтовых вод; с внутренней стороны – не подвергаться действию агрессивных сточных вод. Быть стойкими против разрушающего действия высоких температур (40°С и выше). С гидравлической точки зрения внутренняя поверхность труб и каналов должна обладать гладкой поверхностью.

С экономической точки зрения должна обеспечиваться минимальная стоимость материалов и расходование минимального количества дефицитных материалов.

При строительстве водоотводящих сетей используют железобетонные и пластиковые трубы. Трубопроводы больших размеров (круглые, некруглые), которые часто называют коллекторами, выполняются из сборного железобетона.

Железобетонные безнапорные трубы изготавливают по ГОСТ 6482-2011 с наружным диаметром 400-3500 мм. Эти трубы выпускают раструбными, фальцовыми, трубы с подошвой (рис.8.1), По конструкции могут быть круглые и круглые с плоской подошвой. В зависимости от прочности трубы бывают двух групп: нормальной прочности и повышенной прочности. Для герметизации стыковых соединений труб применяют уплотнительные кольца из полимерных материалов (резины круглого или трапециевидного сечения, герметики).

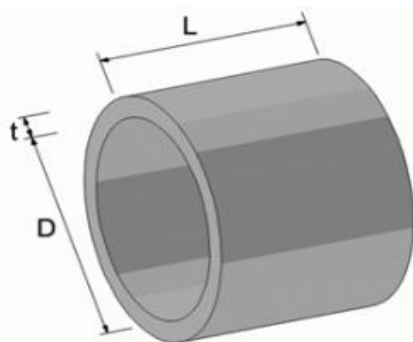


Рис.7.1. Железобетонная фальцовая труба

Полимерные трубы обеспечивают возможность использования щадящих методов прокладки и перекладки сетей (узкотраншейный монтаж, направленное бурение, пробойные и прорезные технологии, иные бестраншейные технологии), сокращающих расходы на монтаж и уменьшающих отрицательное воздействие на окружающую среду.

Для изготовления пластиковых труб по отведению сточных вод используют три вида материала

ПЭ (полиэтилен) – полимер, который является морозоустойчивым и не гниет, но при температуре свыше 40 °С склонен к размягчению, поэтому подходит только для холодных стоков.

К недостаткам полиэтиленовых труб относят:

большая стоимость по сравнению с другими видами пластиковых труб;

более трудоемкий процесс монтажа элементов системы.

Полиэтиленовые трубы предназначены для строительства сетей напорного и безнапорного водоотведения и выпускаются гладкими и гофрированными.

Гофрированные трубы производят путем использования специального метода изготовления, при котором обе стенки трубы производятся одновременно, соединяются между собой и образуют монолитную конструкцию. Между наружной волнистой поверхностью и внутренней гладкой образуются полости, способствующие облегчению изделия. Гофрированная наружная стенка обеспечивает достаточную кольцевую жесткость, обеспечивает сопротивляемость деформации.

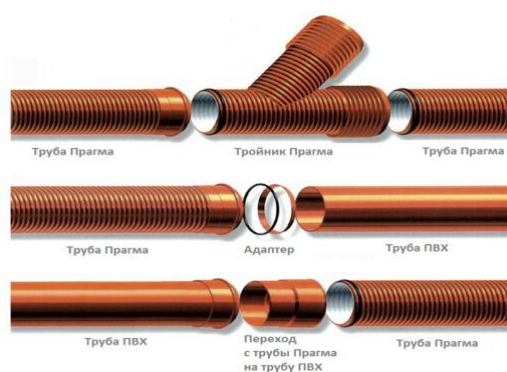


Рис.7.2. Гофрированные трубы

Внутренний слой трубы имеет идеально гладкую поверхность и не способствует образованию отложений и накоплению ила, механических частиц.

Полиэтиленовая канализационная труба рассчитана на работу при температуре не выше +40°С и краткосрочному повышению до +60 °С.

широко используются двухслойные гофрированные трубы из полимеров. Первые подобные варианты изготавливались из ПВХ, сейчас же применяют полиэтилен, как материал, который лучше противостоит воздействию агрессивных сточных вод и органических соединений.

Так как для масштабного строительства более востребованы трубы диаметром более 315 мм с классами жесткости SN16, SN8, то именно гофрированные изделия являются наиболее приемлемым вариантом при оценке соотношения цены и прочности.



Рис. 7.3. Канализационная гофрированная труба

ПП (полипропилен). Рассчитан на постоянную эксплуатацию с температурой жидкостей 70-75 °С, даже если потребуются слить воду более высокой температуры, то трубопровод без проблем выдержит кратковременное повышение температуры до 90-95 °С. Расчетный срок службы материала составляет 50 лет, но необходимо беречь коммуникации от переохлаждения, поскольку при - 5 °С стенки становятся хрупкими.

ПВХ (поливинилхлорид) – трубы из него или его непластифицированной версии (НПВХ) имеют средний показатель термоустойчивости в 60° С, но лучше переносят щелочи, кислоты, масла и прочие агрессивные вещества.

К достоинствам труб из ПВХ можно отнести: износостойкость, небольшой вес, широкое применение, антикоррозийные свойства, легкость монтажа, невысокая стоимость.

К недостаткам этих труб относят: минусовые температуры, чувствительность к ударам при отрицательных температурах, невозможность транспортировки через трубопровод веществ с температурой выше 45 °С.

Преимуществом пластиковых труб следующие:

дешевизна изготовления и доступная стоимость для конечного потребителя;

простота транспортировки из-за малого веса;

легкость укладки без использования сложного инструмента (только ножовка для отрезания и гель для смазки манжет);

гладкие внутренние стенки, собирающие на себе меньше мусора и сохраняющие постоянный пропускной диаметр;

отсутствие коррозии;

срок службы 50 и более лет

химическая устойчивость;

легкость выполнения поворотов и присоединения к существующим коммуникациям (модернизация, добавление новых точек отвода стоков).

Из минусов подобной продукции можно выделить недостаточную механическую прочность пластика. Он может деформироваться под нагрузками, особенно в случае прокладки под дорогами.

Для решения этой проблемы разработаны специальные металлические гильзы, выполняющие защитную функцию. Пластиковые трубы вставляются в них и находятся внутри в свободном состоянии. Такие каркасы используют в самых высоконагруженных участках канализации, поверх которых проходят тротуары и дороги.

Трубы из поливинилхлорида относительно более дешевые по сравнению с трубами из полиэтилена и полипропилена. Все указанные трубы используют для транспортировки сточных вод с температурой до +45°C. Пластмассовые трубы предназначены для строительства напорных и безнапорных сетей водоотведения.

Непластифицированные поливинилхлоридные трубы (ПВХ) используются: во внутренних системах водоотведения ($d = 50-100$ мм); в индивидуальных системах водоотведения для объединения хозяйственно-фекальных и ливневых вод ($d = 110-160$ мм); для ливневых и хозяйственно-фекальных сточных вод ($d = 200-500$ мм) промышленных и городских систем водоотведения; уличных дождевых систем водоотведения ($d = 110-500$ мм). Они обеспечивают максимально возможную скорость потока, предотвращают появление отложений, благодаря чему уменьшается число промывок под давлением, снижаются затраты на эксплуатацию.

Сборка труб из поливинилхлорида (ПВХ) осуществляется механически в раструб с резиновым уплотнительным кольцом и фланцевым соединением при стыке ее со стальной трубой. Для фланцевого соединения ПВХ трубы используют чугунный фланец с резиновой прокладкой.

Полиэтиленовые трубы предназначены для строительства сетей напорного и безнапорного водоотведения и выпускаются гладкими и гофрированными.

Полиэтиленовые трубы имеют неоспоримое преимущество перед металлическими:

- высокая коррозионная стойкость к транспортируемым жидкостям;
- обладают высокой гибкостью;
- низким удельным весом (в три раза меньшим, чем у стали);
- повышенной пропускной способностью;
- высокой механической прочностью (растяжение на разрыв от 350 до 800%);
- не зарастают изнутри и на стенках труб не откладываются шлаки;
- возможна многократная заморозка трубопровода без его разрушения;
- не токсичны и бактериологически безопасны.

Соединения полиэтиленовых труб (ПЭ), работающих под давлением, используют неразъемные соединения – сварку встык или муфтовую сварку, позволяющие соединять трубы непосредственно друг с другом или фасонными частями.

Стыковая сварка – технология, которая применяется для соединения полиэтиленовых труб с диаметром более 50 мм. Концы труб устанавливают и соединяют в специальной машине для стыковой сварки.

Электромуфтовая сварка обеспечивает разогрев труб за счет применения полиэтиленовых фасонных частей с закладными в них при изготовлении нагревательными элементами.

Лабораторная работа 8. ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПРИЕМНИКОВ СТОЧНЫХ ВОД.

Цель работы: изучить конструкции приемников сточных вод.

Приёмники сточных вод служат для непосредственного приёма бытовых, производственных и атмосферных сточных вод в системах внутренней водоотводящей сети зданий.

В зависимости от своего назначения приёмники сточных вод подразделяются на:

приёмники для бытовых сточных вод — санитарные приборы, устанавливаемые в санитарно-бытовых помещениях (санузлах) жилых, общественных и производственных зданий;

приёмники для производственных сточных вод — приёмники сточных вод от технологических процессов производства, гидроуборки помещений и вентиляционных установок; устанавливают их в производственных зданиях и помещениях;

приёмники для атмосферных вод — приёмники сточных вод, образующихся в результате атмосферных осадков;

приёмники специального назначения — приёмники сточных вод, предназначенные для установки в зданиях специального назначения (например, в медицинских учреждениях).

По функциональным характеристикам приёмники можно разделить на:

периодически функционирующие — сначала наполняют свой объём или собирают стоки, а затем сбрасывают загрязнённую воду в водоотводящую сеть;

непрерывно функционирующие — проточные, работающие без наполнения своего объёма.

Основные требования, которые предъявляются к санитарным приборам всех видов: удобство и простота прочистки их приёмных отверстий, а также полная промывка их рабочей поверхности. Во избежание засорения приёмные отверстия всех санитарных приборов, кроме унитазов и напольных клозетных чаш, должны иметь решётки. Поверхности санитарных приборов защищают покрытиями против разрушающего воздействия сточной жидкости, слабых растворов щелочей и кислот, а также попеременного воздействия холодной и горячей (до 90 °С) воды.

Виды приемников сточных вод:

Унитаз — санитарно-техническое приспособление для удаления продуктов дефекации и мочеиспускания, устанавливаемое в туалетах, изготавливается из сантехнической керамики.



Рис. 8.1. Унитаз

По виду установки унитазы различают: напольные, подвесные (настенные) и приставные.

Напольные унитазы в свою очередь делятся на унитазы с бачком (унитазы-компакты), отдельно стоящие унитазы, унитазы с полным примыканием к стене (приставные), чаши «Генуя» (или турецкие унитазы).

Подвесные имеют в стене скрытый бачок или систему слива без бачка.

Приставные (пристенные) — устанавливаются на полу. Данная конструкция является симбиозом напольного и подвесного унитаза и бывают с горизонтальным, вертикальным, наклонным (косым) или сифонным (американский тип) сливом, а также с нижней, боковой или задней подводкой воды к бачку.

Биде – это небольшая ванночка или раковина, установленная на уровне унитаза. Она обустроена так же, как и ванна: к биде подключают горячую и холодную воду.



Рис. 8.2. Биде

По методу крепления биде подразделяются на 2 типа – подвесные и напольные. Напольные ставят на пол, а для подвесных типов данного аксессуара крепят к вертикальным поверхностям, которая будет удерживать его в подвешенном состоянии.

Писсуар — разновидность унитаза, предназначенная только для мочеиспускания. Используется в основном в мужских общественных туалетах. Изготавливается из санфаянса, реже из эмалированного металла, пластмассы, нержавеющей стали.



Рис. 8.3. Писсуар

Раковина – керамическая или металлическая чаша, со сливным отверстием и присоединенной к нему трубой для водослива.

Мойка – сантехническое изделие с плоским дном для удобства мытья посуды и продуктов.

Трап для душа – это сливное отверстие, которое монтируется в полу ванной комнаты под плиткой. Конструкция напоминает воронку, которая собирает воду и отводит ее в водоотводящую трубу.



Рис. 8.4. Трап для душа

Ванна – это резервуар, который предназначен для купания или принятия медицинских процедур, а также для обмывания и погружения разных частей тела. По конструкции они делятся: прямую, угловую, круглую, овальную, многогранную, нестандартную и др.

Занятие 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЕСТИЦИДОВ В ПОВЕРХНОСТНОМ И ДРЕНАЖНОМ СТОКЕ

Под пестицидами понимают химические средства сдерживания, регуляции, защиты и борьбы с вредными организмами в сельском, лесном хозяйстве и здравоохранении. В настоящее время используют более 1000 веществ в качестве пестицидов. Несмотря на то, что сельское хозяйство очень остро нуждается в пестицидах, их использование наносит ущерб окружающей среде. Особую опасность представляет смыв пестицидов в водоемы. В результате выпавшего дождя сразу после обработки 30 – 70 % применяемых пестицидов попадает в водоемы, что является причиной их загрязнения.

Вынос растворенных пестицидов дренажным стоком определяется по формуле

$$B_{\Pi}^{\text{др}} = 1,48 \cdot 10^{-6} \frac{N \cdot e^{-k} (t_{\text{л}} + t_{\text{др}}) \cdot (1-S) \sqrt{T \cdot F}}{W^{\text{пр}} + W^{\text{инф}}}, \quad (1.1)$$

где $B_{\Pi}^{\text{др}}$ – вынос пестицидов дренажным стоком в растворенном виде, кг/га;

N – норма разового внесения препарата, кг/га;

S – коэффициент сорбции;

$W^{\text{пр}}$ – запас влаги при предельной полевой влагоёмкости в расчетном слое почвы (до уровня грунтовых вод или до глубины заложения дрен) на начало расчетного периода, м³/га;

k – коэффициент деструкции пестицида, сут;

$t_{\text{л}}$ – время до выпадения ливня расчетной обеспеченности после внесения препарата, принимаемое равным 5 сут;

$t_{\text{др}}$ – время проникновения пестицида в дренаж, сут.

$$t_{\text{др}} = \frac{m \cdot t_{\text{р}\%} \cdot h_{\text{др}} \cdot 10^3}{H_{\text{р}\%}}, \quad (1.2)$$

где m – коэффициент порозности почвогрунта;

$t_{\text{р}\%}$ – продолжительность ливня расчетной (10 %) обеспеченности, сут;

$h_{\text{др}}$ – глубина заложения дренажа, м;

$H_{\text{р}\%}$ – слой осадков за ливень расчетной обеспеченности, мм;

$T_{\text{др}}$ – время действия дренажа, сут.

$$T_{\text{др}} = \frac{W_{\text{др}}}{84,4 \cdot q}, \quad (1.3)$$

где $W_{др}$ – объем дренажного стока, м³/га;

q – модуль дренажного стока, л/с га;

F – площадь рассматриваемого участка, м²;

$W_{инф}$ – объем инфильтрационной воды от ливня расчетной обеспеченности, м³/га.

$$W_{инф} = 10 \cdot N_{p\%} \cdot (1 \cdot \sigma), \quad (1.4)$$

где σ - коэффициент поверхностного стока.

Концентрация растворенных пестицидов в дренажном стоке вычисляется по формуле

$$C_p^{др} = \frac{B_p^{др} \cdot 10^3}{W_{др}}, \quad (1.5)$$

где $C_p^{др}$ – концентрация растворенного пестицида в дренажном стоке, мг/л;

$B_p^{др}$ – вынос пестицида в растворенном виде дренажным стоком, кг/га;

$W_{др}$ – объем дренажного стока, м³/ га.

Вынос растворенных пестицидов поверхностным стоком определяется по формуле

$$B_p^{пс} = 2,98 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{N \cdot e^{-kt_{л}} \cdot (1-S) \cdot \sqrt{t_{p\%} \cdot F}}{\alpha \cdot W_{0-2 \cdot N_{p\%} + 2 \cdot 10^2 \cdot N_{p\%} \cdot (1 \cdot \sigma)}}, \quad (1.6)$$

где $B_p^{пс}$ – вынос пестицидов поверхностным стоком в растворенном виде, кг/га;

α – коэффициент оструктуренности;

$t_{p\%}$ – продолжительность ливня расчетной обеспеченности, сут.

Концентрация растворенных пестицидов в поверхностном стоке рассчитывается по формуле

$$C_p^{пс} = \frac{B_p^{пс} \cdot 10^3}{W^{пс}}, \quad (1.7)$$

где $C_p^{пс}$ – концентрация растворенных пестицидов в поверхностном стоке, мг/л;

$W^{пс}$ – объем поверхностного стока за расчетный ливень, м³/га.

Расчет концентрации нерастворимых и труднорастворимых пестицидов в поверхностном стоке выполняют исходя из того, что эти пестициды выносятся только в сорбированном виде.

Вынос пестицидов поверхностным стоком в сорбированном виде определяется по формуле

$$B_p^{пс} = \frac{N \cdot e^{-kt_{л}} \cdot S \cdot w^{пс}}{10^4 \cdot h_{пх}}, \quad (1.8)$$

где $B_p^{пс}$ – вынос пестицидов в сорбированном виде поверхностным стоком, кг/га;

$w^{пс}$ – объем поверхностного стока, м³/га;

$h_{пх}$ – глубина пахотного слоя, м.

Концентрация пестицидов (мг/л), выносимых в сорбированном виде, вычисляется по формуле

$$C_c^{пс} = \frac{B_c^{пс} \cdot 10^3}{w^{пс}} \quad (1.9)$$

В результате полученных данных необходимо проанализировать вынос и концентрацию загрязняющих веществ, попадающих в водоем.

Занятие 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫНОСА И КОНЦЕНТРАЦИИ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ДРЕНАЖНЫМ И ПОВЕРХНОСТНЫМ СТОКОМ

Важнейшая роль в повышении плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур отводится органическим удобрениям. Внесение органических удобрений оказывает положительное влияние на баланс гумуса в почве, улучшает ее воздушный и водный режим, усиливает микробиологическую активность.

Основными источниками азота для растений являются органические и минеральные удобрения, биологический азот, накапливаемый клубеньковыми бактериями и свободно живущими микроорганизмами, а также азот, поступающий с атмосферными осадками и семенами. Главные химические соединения, из которых растения усваивают азот, – соли азотной кислоты (нитраты) и соли аммония.

Образующиеся в почве минеральные соединения не накапливаются в ней в больших количествах, так как потребляются растениями.

Азотные удобрения в зависимости от содержащейся в них формы азотного соединения делятся на следующие группы:

- 1) нитратные (натриевая и кальциевая селитра);
- 2) аммонийные;
- 3) аммонийно-нитратные (аммиачная селитра);
- 4) аммиачные;
- 5) карбомид-аммиачно-нитратные.

Неравномерное распределение минеральных и органических удобрений по полю, несоблюдение оптимальных сроков и способов их внесения приводят к

проникновению нитратов, сульфатов и хлоридов в грунтовые воды и повышению их содержания в питьевой воде. Особенно опасно избыточное накопление в воде азотных соединений (нитратов и нитритов). Накопление азота в водоемах вызывает интенсивное развитие водной растительности и в результате - значительное уменьшение кислорода, что губительно для рыб. Употребление животными и человеком питьевой воды с наличием нитратов больше допустимых норм приводит к тяжелым заболеваниям.

Годовой вынос азота дренажным стоком определяется по формуле

$$B_N^{\text{др}} = \frac{(k_1 \cdot N_y + 0,0002 \cdot N_0 + 0,07 \cdot N_{\text{п}}) \cdot W_{\text{др}} \cdot \varphi}{W^{\text{др}} + W_{\text{др}}}, \text{ кг/га} \quad (2.1)$$

Концентрация нитратов и аммонийного азота в дренажном стоке вычисляется по формулам

$$C_{\text{NO}_3}^{\text{др}} = \frac{4,5 \cdot 10^3 \cdot B_N^{\text{др}} \cdot \alpha \cdot \varphi}{W_{\text{др}}}, \quad (2.2)$$

$$C_{\text{NH}_4}^{\text{др}} = \frac{1,28 \cdot 10^3 \cdot B_N^{\text{др}} \cdot \beta \cdot \varphi}{W_{\text{др}}}. \quad (2.3)$$

Годовой вынос сорбированного и растворимого азота поверхностным стоком определяется по формуле

$$B_N^{\text{нс}} = w \cdot (k_2 \cdot N_y + 0,002 \cdot N_0 + 0,66 \cdot N_{\text{п}} + N_{\text{в}}) + \gamma \cdot (k_1 \cdot N_y + 0,0002 \cdot N_0 + 0,07 \cdot N_{\text{п}}), \text{ кг/га}. \quad (2.4)$$

Концентрации нитратов и аммонийного азота в поверхностном стоке рассчитываются по следующим формулам:

$$C_{\text{NO}_3}^{\text{др}} = \frac{4,5 \cdot 10^3 \cdot B_N^{\text{др}} \cdot \alpha \cdot \varphi}{W_{\text{нс}}}, \quad (2.5)$$

$$C_{\text{NH}_4}^{\text{др}} = \frac{1,28 \cdot 10^3 \cdot B_N^{\text{др}} \cdot \beta \cdot \varphi}{W_{\text{нс}}}. \quad (2.6)$$

Фосфор - один из трех главных (NPK) элементов питания растений.

По объемам использования в качестве удобрительного элемента он идет вслед за азотом (N). Этот важнейший биогенный элемент необходим для жизнедея-

тельности всех организмов. Соединения фосфора с кислородом (фосфорные кислоты и фосфаты), являясь самыми распространенными в природе, имеют важное значение для существования и развития растительного и животного мира.

Фосфор (P) образует несколько аллотропных форм: белый, красный, черный. При определенных условиях они могут переходить друг в друга.

Наибольшей химической активностью из них обладает белый фосфор. Красный фосфор перспективен в качестве удобрения - при добавлении к нему меди он окисляется в почве и переходит в доступное состояние. В почве, как и в растениях, фосфор (P) присутствует в органической и минеральной формах.

Обеспеченность растений фосфором во многом зависит от общих его запасов в почве, удельного веса его подвижных форм, гранулометрического состава почвы и других условий.

Фосфорные и фосфоросодержащие комплексные удобрения по растворимости и усвояемости делятся на следующие группы:

1. Водорастворимые: суперфосфат простой, двойной суперфосфат.
2. Цитратно-лимонно растворимые: фосфатшлак, термофосфаты, преципитат.
3. Труднорастворимые: вивианит, фосфоритная мука.

Годовой вынос растворимого фосфора дренажным стоком рассчитывается по формуле

$$B_P^{др} = \frac{n_1 \cdot W_{п.х.}^{пр} \cdot W_{др} \cdot 10^3}{W_{пр} + W_{др}}, \text{ кг/га}, \quad (2.7)$$

где n_1 – величина, характеризующая содержание растворимого фосфора в почвенной влаге;

$W_{п.х.}^{пр}$ – запас влаги в пахотном слое почвы, м³/га;

$W_{др}$ – объем дренажного стока, м³/га;

$W_{пр}$ – запас влаги при предельно-полевой влагоемкости, м³/га;

10^3 – переводной коэффициент.

Концентрация фосфора в дренажном стоке вычисляется по формуле

$$C_P^{др} = \frac{B_P^{др} \cdot 10^3 \cdot \Phi}{W_{др}}, \quad (2.8)$$

где $B_P^{др}$ – вынос растворимого фосфора дренажным стоком;

Φ – модульный коэффициент для перехода от среднегодовых концентраций к максимальным для рассматриваемого периода.

Годовой запас сорбированного фосфора поверхностным стоком определяется по формуле

$$B_C^{пс} = \omega \cdot (n_2 \cdot P_y + n_3 \cdot P_o + n_4 \cdot P_{п} + P_B), \text{ кг/га}, \quad (2.9)$$

где P_y – норма внесения минеральных удобрений, кг/га;

P_o – норма внесения органических удобрений, кг/га;

P_n – содержание подвижного фосфора в пахотном слое, кг/га;

P_b – валовое содержание фосфора в пахотном слое, кг/га;

n_2 – коэффициент, характеризующий остаточное количество фосфора после выноса его из минеральных удобрений урожаем возделываемых сельскохозяйственных культур;

n_3 – коэффициент, характеризующий остаточное количество фосфора после выноса его из органических удобрений сельскохозяйственными культурами;

n_4 – коэффициент, характеризующий остаточное количество подвижного фосфора после выноса его из почвы урожаем сельскохозяйственных культур;

ω – коэффициент, характеризующий долю выноса сорбированного фосфора поверхностным стоком с поверхности пахотного слоя почвы.

Концентрация фосфора в поверхностном стоке рассчитывается по формуле

$$C_{\text{пс}} = \frac{V_{\text{пс}}^{\text{пс}} \cdot 10^3 \cdot \Phi}{W_{\text{пс}}}. \quad (2.10)$$

Калий является третьим элементом в составе NPK. Все почвы (кроме торфяных) содержат калия в 5 – 10 раз больше, чем азота и фосфора. Калий накапливается в листьях, соломе и с навозом возвращается в почву. По данным научных исследований Института почвоведения (БелНИИПА) установлено, что:

1) из 1 га дерново-подзолистых почв различного гранулометрического состава может вымываться от 8 до 15 кг калия;

2) на торфяных почвах – 10 кг калия;

3) в зависимости от степени эродированности почв от эрозии с 1 га теряется от 5 до 20 кг калия.

Небольшое количество калия поступает в почву с семенами и атмосферными осадками до 2 кг на 1 га, поэтому и необходимо внесение минеральных удобрений.

В качестве минеральных удобрений калий вносят в виде:

1. Хлористого калия (KCl);

2. Сернокислого калия (K_2SO_4);

3. 40 % – ной калийной соли (KCl + n NaCl);

4. Цементной пыли - отходы цементной промышленности;

5. Древесной золы.

Годовой вынос растворимого калия дренажным стоком определяется по формуле

$$B_{\text{К}}^{\text{др}} = \frac{[(0,2 \cdot K_y + 0,0012 \cdot K_o + 0,008 \cdot K_b) \cdot 0,018] \cdot W_{\text{др}} \cdot \Phi}{W^{\text{пр}} + W_{\text{др}}}, \text{ кг/га}, \quad (2.11)$$

где K_y – норма внесения минеральных удобрений, кг/га;

K_o – норма внесения органических удобрений, кг/га;

K_b – валовое содержание калия в пахотном слое, кг/га.

Концентрация растворенного калия в дренажном стоке вычисляется по формуле

$$C_{\text{к}}^{\text{др}} = \frac{B_{\text{к}}^{\text{др}} \cdot 10^3 \cdot \Phi}{W_{\text{др}}}, \text{ мг/л.} \quad (2.12)$$

Годовой вынос сорбированного и растворенного калия поверхностным стоком рассчитывается по формуле

$$B_{\text{к}}^{\text{пс}} = \omega \cdot (0,2 \cdot K_y + 0,0012 \cdot K_o + 0,008 \cdot K_b + K_b) + \gamma [(0,2 \cdot K_y + 0,0012 \cdot K_o + 0,008 \cdot K_b) \cdot 0,018], \text{ кг/га.} \quad (2.13)$$

Концентрация сорбированного и растворенного калия в поверхностном стоке определяется по формуле

$$C_{\text{к}}^{\text{пс}} = \frac{B_{\text{к}}^{\text{пс}} \cdot 10^3 \cdot \Phi}{W_{\text{пс}}}, \text{ мг/л.} \quad (2.14)$$

В результате полученных данных о выносе и концентрации минеральных и органических веществ необходимо дать заключение о состоянии водоема и его самоочищающей способности.

Занятие 3. ПОДСЧЕТ УБЫТКОВ ПРИ СБРОСЕ СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ ИОНЫ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ, В ПРИРОДНЫЕ ВОДОЕМЫ

Величина убытков от загрязнения водных объектов ионами тяжелых металлов с учетом категории водных объектов определяется по формуле

$$Y_1 = Z_1 \cdot K_{\text{кат}}, \quad (3.1)$$

где Y_1 – величина убытков от загрязнения водного объекта ионами i -го тяжелого металла с учетом категории водного объекта, тыс. рублей;

$K_{\text{кат}}$ – коэффициент, зависящий от категории водного объекта, в который сбрасываются загрязняющие вещества, определяется по табл. 1;

Z_1 – величина убытков от загрязнения водного объекта i -м загрязняющим веществом, тыс. рублей.

Таблица 3.1. Зависимость коэффициента $K_{\text{кат}}$ от категории водного объекта, в который сбрасываются загрязняющие вещества

Категории водного объекта	$K_{кат}$
1. Поверхностные водоемы и водотоки, используемые для рыбохозяйственных целей, хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, а также водоснабжения пищевых предприятий	1,1
2. Другие водные объекты	0,6

Величина убытков от загрязнения водных объектов i -м загрязняющим веществом определяется в зависимости от массы загрязняющего вещества по формуле

$$Z_1 = r \cdot P'_i \quad (3.2)$$

Тогда величина убытков от загрязнения водных объектов ионами тяжелых металлов с учетом категории водных объектов определяется по формуле

$$Y_1 = r \cdot P'_i \cdot K_{кат}, \quad (3.3)$$

где r – множитель, учитывающий уровень цен и услуг, численное значение которого равно 380 тыс. руб/ усл. тонн;

P'_i – приведенная масса сбрасываемых загрязняющих веществ в данный водный объект, усл. тонн;

$$P'_i = A_1 \cdot P_1 \quad (3.4)$$

где A_1 – показатель относительной опасности сброса i -го загрязняющего вещества (если нет никаких сведений, ПДК берется $A_1 = 5 \cdot 10^{-4}$);

P – общая масса сбрасываемых веществ в водный объект.

Порядок расчета

1. Определяем численное значение показателя относительной опасности (агрессивности) загрязняющего вещества A_1 :

$$A_i = \frac{1}{ПДК_i},$$

где $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация (табл. 2).

Таблица 3.2. **Определение показателя относительной опасности ионов металлов, А**

№ п.п.	Наименование ионов металлов	ПДК в водоемах, мг/л		Класс опасности
		культурно-бытовом и хозпитьевом	рыбохозяйственном	
1	Алюминий (Al)	0,5	-	IV
2	Барий (Ba)	0,1	2	III
3	Бериллий (Be)	0,0002	-	I
4	Бор (B)	0,5	-	III
5	Ванадий (V)	0,1	-	III
6	Висмут (Bi)	0,1	-	-
7	Вольфрам (W)	0,05	-	III
8	Железо (Fe)	0,3	0,05	IV
9	Калий (K)	-	50	-
10	Кадмий (Cd)	0,001	0,005	I
11	Кобальт (Co)	0,1	0,01	I
12	Марганец (Mn)	0,1	0,01	II
13	Медь (Cu)	1,0(0,02)	0,005	II
14	Молибден (Mo)	0,25	0,0012	III
15	Мышьяк (As)	0,05	-	II
16	Никель (Ni)	0,1	0,01	II
17	Ртуть (Hg)	0,0005	0,0001	II
18	Свинец (Pb)	0,03	0,01	I
19	Серебро (Ag)	0,05	-	-
20	Стронций стаб. (Sr)	7,0	-	-
21	Таллий (Tl)	0,0001	-	I
22	Теллур (Te)	0,01	-	I
23	Хром ^{IV} (Cr ^{IV})	0,05	0,001	I
24	Хром ^{III} (Cr ^{III})	0,5	0,05	II
25	Цинк (Zn)	5Д	0,05	III

Общая масса сброшенного сверх нормы i -го вида загрязняющего металла P_i определяется по формуле

$$P_i = V_1 \cdot (K_{i\text{факт}} - \text{ПДК}_i) \cdot 10^{-6},$$

где V_1 – объем сточных вод с повышенным содержанием определяемого иона металла, м³;

$K_{i\text{факт}}$ – средняя за период сброса концентрация i -го иона металла, мг/л;

ПДК_i – предельно-допустимая концентрация *i*-го иона металла, мг/л;

10⁻⁶ – переводной коэффициент граммов в тонны, так как ПДК выражены в мг/л или г/м³.

Анализируя полученные данные, необходимо сделать вывод о массе сбрасываемых загрязняющих веществ и величине убытков от загрязнения водных объектов.

Занятие 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПДС И ПДК ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ВОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Под предельно допустимым сбросом (ПДС) веществ в водный объект понимается масса их в сточных водах, максимально допустимая к отведению в данном пункте водного объекта в единицу времени, с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте. ПДС устанавливается с учетом предельно допустимых концентраций (ПДК) веществ в местах водопользования, ассимилирующей способности водного объекта и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями, сбрасывающими сточные воды.

Расчет ПДС производится для обеспечения требований к составу и свойствам воды водных объектов, соответствующих одной из следующих категорий водопользования: хозяйственно-питьевого, культурно-бытового, рыбохозяйственного.

ПДС с учетом требований к составу и свойствам воды водных объектов определяется для всех категорий водопользования как произведение расхода сточных вод $q_{ст}$ (м³/ч) на концентрацию веществ $C_{ст}$ (г/м³) в сточных водах:

$$ПДС = q_{ст} \cdot C_{ст}. \quad (4.1)$$

Предельно допустимое содержание взвешенных веществ в спускаемых в водоем сточных водах вычисляется по формуле

$$m = P \left(\frac{\gamma \cdot Q_p}{q_{ст.в}} + 1 \right) + v, \quad (4.2)$$

где m – предельно допустимое содержание взвешенных веществ, г/м³;

P – допустимое санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ в водоеме после спуска сточных г/м³;

Q_p – наименьший среднемесячный расход воды в водоеме 95 % обеспеченности, м³/с;

v – содержание взвешенных веществ в водоеме до спуска в него сточных вод, г/м³.

Степень необходимой очистки по взвешенным веществам может быть определена по формуле

$$\Theta = \left(\frac{C_{\text{ст}} - m}{C_{\text{ст}}} \right) \cdot 100 \%, \quad (4.3)$$

где $C_{\text{ст}}$ – содержание взвешенных веществ в сточной воде до очистки, мг/л.

Каждый водоем обладает определенной самоочищающей способностью, под которой подразумевают совокупность гидродинамических, биохимических и физико-химических процессов, приводящих к снижению концентрации внесенных в них органических и минеральных загрязнений. В результате расчета самоочищающей способности водоема определяются следующие параметры:

- 1) кратность разбавления n и коэффициент смешения сточных вод γ ;
- 2) количество загрязнений, допускаемых к спуску в водоем;
- 3) необходимая степень очистки сточных вод от основных видов загрязнений.

Процессы самоочищения протекают тем быстрее, чем полнее произойдет смешение и разбавление сточных вод с водой водоема.

Кратность разбавления сточных вод вычисляется по формуле

$$n = \frac{\gamma \cdot Q_p + q_{\text{ст.в}}}{q_{\text{ст.в}}}. \quad (4.4)$$

Коэффициент смешения определяется по формуле

$$\gamma = \frac{1 - e^{-a\sqrt[3]{L}}}{1 + \left(\frac{Q_p}{q_{\text{ст.в}}} \right) \cdot e^{-a\sqrt[3]{L}}}, \quad (4.5)$$

где L – длина русла от места выпуска сточных вод до расчетного створа, м;

e – основание натурального логарифма;

a – коэффициент, зависящий от гидравлических условий смешения.

Для хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного (для ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду) водопользования концентрация взвешенных веществ в сбросах должна соответствовать

$$C_{\text{ст}} \leq v + 0,25, \text{ мг/л}, \quad (4.6)$$

для других рыбохозяйственных целей и культурно-бытового водопользования

$$C_{\text{ст}} \leq v + 0,75, \text{ мг/л}. \quad (4.7)$$

Если водный объект содержит более 30 мг/л природных минеральных взвешенных веществ, концентрация взвешенных веществ должна соответствовать

$$C_{\text{ст}} \leq 1,05 \cdot v. \quad (4.8)$$

Расчет необходимой степени очистки сточных вод по БПК_{полн} учитывает самоочищение сточных вод в водоеме за счет биохимических процессов, а также разбавление сточных вод водами водоема.

Величина ПДС по полному биохимическому потреблению кислорода (БПК_{полн}) определяется по формуле

$$L_{ст.} = \frac{\gamma \cdot Q}{q_{ст.в} \cdot 10^{-k_{ст.}t}} \cdot (L_{п.д.} \cdot L_p \cdot 10^{-k_p t}) + \frac{L_{п.д.}}{10^{-k_p t}}, \quad (4.9)$$

где $L_{ст.}$, L_p – полное биохимическое потребление кислорода соответственно сточными водами и речной водой, г/м³;

Q – расход воды в реке, м³/сут;

γ – коэффициент смешения;

$L_{п.д.}$ – предельно допустимая БПК_{полн} смеси речной и сточной воды в расчетном створе; для водоемов питьевого и культурно бытового пользования 1-й и 2-й категории эта величина принимается соответственно равной 3 и 6 мг/л;

L_p – БПК_{полн} – речной воды до места выпуска сточных вод, мг/л;

$k_{ст}$ и k_p – константы скорости потребления кислорода сточной и речной водой;

t – продолжительность перемещения воды от места выпуска сточных вод до расчетного створа, равная отношению расстояния по фарватеру от места выпуска вод до расчетного створа к средней скорости течения воды к реке на данном участке $V_{ср.сут}$;

$$t = \frac{L_{wp}}{V_{ср}}. \quad (4.10)$$

Под предельно допустимой концентрацией (ПДК) понимается максимальная концентрация загрязнителя, которая при ежедневном воздействии на организм в течение длительного времени не вызывает каких-либо нарушений и не ухудшает гигиенических условий водопользования. Вредные и ядовитые вещества, входящие в показатели качества сточной воды, весьма разнообразны по своему составу. Они нормируются по принципу лимитирующего показателя вредности (ЛПВ), под которым понимается наиболее вероятное неблагоприятное воздействие каждого вещества. По ЛПВ все вещества в водоемах питьевого и культурно-бытового пользования разделены на три группы, содержащие санитарно-токсикологический ЛПВ, общесанитарный ЛПВ и органолептический ЛПВ.

Санитарное состояние водоема при сбросе в него со сточными водами вредных и ядовитых веществ считается удовлетворительным, если соблюдаются два основных условия: предельно допустимая концентрация каждого вещества, входящего в определенный лимитирующий показатель вредности, уменьшена во

столько раз, сколько единиц вредных веществ присутствует в сточных водах и водоеме, сумма концентраций всех веществ, выраженных в процентах от соответствующих предельно допустимых концентраций для каждого вещества в отдельности, не превышает 100 %.

$$\frac{C_{\text{ст}1}}{C_{\text{доп}}^1} + \frac{C_{\text{ст}2}}{C_{\text{доп}}^2} + \frac{C_{\text{ст}3}}{C_{\text{доп}}^3} + \frac{C_{\text{ст}n}}{C_{\text{доп}}^n} \leq 1, \quad (4.11)$$

где $C_{\text{ст}}^i$ – расчетная концентрация i -го вредного вещества в расчетном створе;
 $C_{\text{доп}}^i$ — предельно допустимая концентрация соответствующего вещества;
 n – число вредных веществ с одинаковой ЛПВ.

Каждое вещество (в условиях одновременного присутствия с другими вредными веществами из одной группы ЛПВ) в расчетном створе водопользования должно иметь концентрацию

$$C_{\text{ст}} \leq C_{\text{доп}}^i \cdot \left(1 - \sum_1^{-1} \frac{C_{\text{ст}}}{C_{\text{доп}}^i}\right), \quad (4.12)$$

где $C_{\text{доп}}^i$ – предельно допустимая концентрация расчетного вещества.

Концентрация каждого из растворимых вредных веществ c_0 в очищенных сточных водах может быть определена из выражения

$$c_0 \leq n \cdot (C_{\text{ст}}^i - C_{\text{в}}^i) + C_{\text{в}}^i, \quad (4.13)$$

где $C_{\text{ст}}^i$ – максимальная допустимая концентрация расчетного вещества, вычисляемая с учетом максимальной концентрации и ПДК всех компонентов, относящихся к одной группе ЛПВ;

$C_{\text{в}}^i$ – концентрация определенного вещества в воде водоема до сброса стоков.

При очистке сточных вод различные вредные вещества определенной группы ЛПВ очищаются неодинаково. Поэтому в первую очередь определяем степень очистки того вещества, которое наиболее трудно извлекается. Степень очистки этого вещества в процентах можно установить по формуле

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{1 - \frac{n-1}{n} \sum_1^i \frac{c_{\text{в}}^i}{c_{\text{доп}}^i}}{\frac{1}{n} \sum_1^i \frac{c_{\text{в}}^i}{c_{\text{доп}}^i}}\right) \cdot 100. \quad (4.14)$$

Если фактические концентрации вредных примесей велики, то их уменьшение должно производиться известными методами очистки с учетом изменения технологии производства, позволяющих с наименьшими затратами и в наиболее короткие сроки достичь допустимых величин концентрации контролируемых величин.

Занятие 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН РАССЕЙВАНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ

Основой выполнения работы являются следующие положения:

- на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере влияют метеорологические параметры, скорость и направление ветра, температурная стратификация атмосферы, температура атмосферного воздуха;
- максимальная приземная концентрация от данного источника загрязнения, возникающая при неблагоприятных метеорологических условиях (при опасных скоростях и направлениях ветра, высокой температуре атмосферы и ее безразличном состоянии) не должна превышать ПДК за границей санитарно-защитной зоны;
- приземная концентрация загрязняющих веществ зависит от параметров источника выброса и состава пылегазовоздушной смеси.

Максимальная приземная концентрация загрязняющих веществ C_{\max} (мг/м³) в атмосфере от одиночного точечного источника выброса круглого сечения, выбрасывающего нагретую пылегазовоздушную смесь, рассчитывается по формуле

$$C_{\max} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (5.1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температуры стратификации атмосферы.

Для условий Республики Беларусь $A = 140$;

H – высота источника выброса от земли, м;

M – интенсивность выброса загрязняющего вещества, г/с;

F – коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ в атмосфере и зависящий от состояния загрязняющих веществ и эффективности пылеулавливания (табл. 3);

Таблица 5.1. Значения коэффициентов F

Вещество	Эффективность пылеулавливания, %	F
Газообразные выбросы	-	1
	>90	2
Твердые частицы	75-90	2,5
	<75	3

η – коэффициент, учитывающий влияние аэродинамических нарушений. Для одиночного источника при отсутствии рядом стоящих препятствий (высоких зданий, сооружений) $\eta = 1$;

V_1 – объем пылевлаговоздушной смеси, м³/с;

$$V_1 = \pi \cdot D^2 \cdot w_0, \quad (5.2)$$

где w_0 – скорость выхода газовой смеси из источника выброса (трубы), м/с;

D – диаметр источника выброса, м;

$$\Delta T = T_{\Gamma} - T_{\text{в}}, \quad (5.3)$$

где T_{Γ} – температура газовой смеси, °С;

$T_{\text{в}}$ – температура атмосферного воздуха, принимаемая для района расположения предприятия и 13 часов самого жаркого месяца года [3];

m, n – коэффициенты, учитывающие условия выброса пылевоздушной смеси.

Коэффициенты шип зависят от параметров соответственно;

при $f < 100$

$$m = (0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f})^{-1};$$

при $V_m \geq 2$

$$n = 1;$$

$1,5 \leq V_m < 2$

$$n = 0,532 \cdot V_m^2 - 2,13 \cdot V_m + 3,13;$$

$V_m < 0,5$

$$n = 4,4 \cdot V_m;$$

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (5.4)$$

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}, \quad (5.5)$$

Расстояние от источника выброса до точки с максимальной приземной концентрацией рассчитывается по формуле

$$X_{\text{max}} = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H, \quad (5.6)$$

где H – высота источника выброса,

Параметр d определяется следующим образом:

при $V_m \leq 0,5$

$$d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f});$$

$0,5 < V_m \leq 2$

$$d = 4,95 \cdot V_m (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f});$$

$V_m > 2$

$$d = 7 \cdot V_m (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f})$$

Величина опасной скорости ветра V_{max} (м/с), соответствующей полученным значениям C_{max} и X_{max} , также зависит от параметра V_m :

при $V_m \leq 0,5$

$$V_{\text{max}} = 0,5;$$

$0,5 < V_m \leq 2$

$$V_{\text{max}} = V_m;$$

$V_m > 2$

$$V_{\text{max}} = \sqrt{V_m} \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt{f}).$$

Опасность загрязнения атмосферы оценивается показателем j по формуле

$$j = \frac{C_{\text{max}}}{\text{ПДК}} < 1. \quad (5.7)$$

Результаты расчета записываются по форме табл. 4. Опасность загрязнения атмосферы газообразными веществами с учетом суммирования при одновременном присутствии в атмосфере SO_2 и NO_x :

$$j_{\text{SO}_2} + j_{\text{NO}_x} = \frac{C_{\text{maxSO}_2}}{\text{ПДК SO}_2} + \frac{C_{\text{maxNO}_x}}{\text{ПДК NO}_x} < 1. \quad (5.8)$$

Таблица 5.2. Результаты расчетов

Вещество	C_{max} ,	X_{max} , м	V_{max} , м/с	j
----------	--------------------	----------------------	------------------------	-----

	мг/м ³			
Зола				
SO₂				
NO₃				
Суммирование		-	-	
SO₂ + NO₃				

Задание 6. РАСЧЕТ ВЫБРОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ СТОЯНОК АВТОМОБИЛЕЙ

Загрязнение атмосферы — привнесение новых, нехарактерных агентов и веществ, обусловленное природными и антропогенными факторами, что превращает атмосферу в частично, или полностью непригодную. По агрегатному состоянию все загрязняющие вещества подразделяются на твердые, жидкие и газообразные, причем последние составляют 90 % от общей массы выбросов в атмосферу.

Основное загрязнение атмосферы создает ряд отраслей промышленности (черная и цветная металлургия, нефтехимическая, химическая, предприятия стройматериалов) – 30 %, автотранспорт – 40 %, теплоэнергетика – 30 %. Самыми распространенными токсичными веществами, загрязняющими атмосферу, являются оксид углерода CO = 45 %, диоксид серы SO₂ – 18 %, оксиды азота NO_x, – 10 %, углеводороды C_nH_m – 15 % и пыль – 12 % (данные для промышленных городов).

Предельно допустимые выбросы (ПДВ) вредных веществ - максимальное количество вредных веществ, которое можно выбрасывать в атмосферу (водоем, почву) в единицу времени, чтобы концентрация загрязняющих компонентов на границе санитарной зоны не превышала *предельно допустимую концентрацию (ПДК)* (г/с; г/ч).

Предельно допустимая концентрация — максимальная концентрация данного токсичного вещества, при которой не ухудшается здоровье, работоспособность, самочувствие и настроение человека и не наблюдается неблагоприятных наследственных изменений у потомства.

Валовый выброс — масса загрязняющего вещества, поступающего в атмосферу в течение года от источника загрязнения или совокупности источников загрязнения.

Массовый выброс — масса загрязняющего вещества, поступающего в атмосферу от источника загрязнения в единицу времени.

Под стоянкой автомобилей понимается территория или помещение, предназначенное для хранения автомобилей в течение определенного периода времени.

Автомобили могут размещаться на обособленных открытых стоянках или в отдельно стоящих зданиях и сооружениях (закрытые стоянки), имеющих непосредственный съезд и выезд на дороги общего пользования.

Расчет выбросов загрязняющих веществ выполняется для шести загрязняющих веществ: оксида углерода CO, углеводородов CH, оксидов азота NO_x, в пересчете на диоксид азота NO₂, твердых частиц C, соединений серы, в пересчете

на диоксид серы SO_2 и соединений свинца Pb.

Выбросы i -го вещества (Γ) одним автомобилем k -й группы в сутки при выезде с территории или помещения стоянки (M_{1ik}) и возврате (M_{2ik}) рассчитываются по следующим формулам:

$$M_{1ik} = m_{\text{пр}ik} \cdot t_{\text{пр}} + m_{L_{ik}} \cdot L_1 + m_{\text{хх}ik} \cdot t_{\text{хх}1}, \quad (6.1)$$

$$M_{2ik} = m_{L_{ik}} \cdot L_2 + m_{\text{хх}ik} \cdot t_{\text{хх}2}, \quad (6.2)$$

где $m_{\text{пр}ik}$ – удельный выброс i -го вещества при прогреве двигателя автомобиля k -й группы, г/мин;

$m_{L_{ik}}$ – пробеговый выброс i -го вещества автомобилем k -й группы при движении со скоростью 10-20 км/ч, г/км;

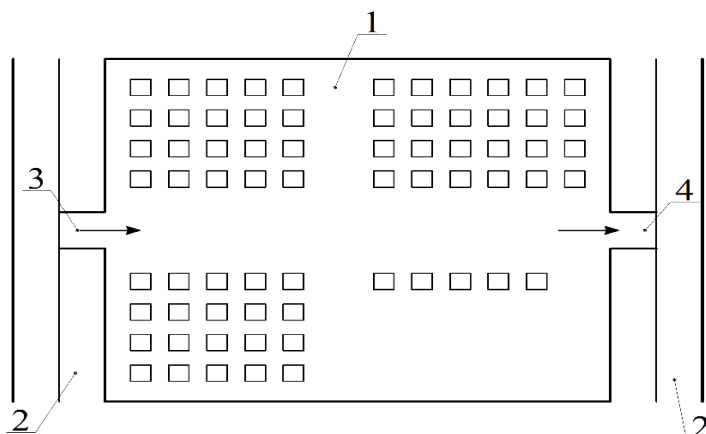
$m_{\text{хх}ik}$ – удельный выброс i -го вещества при работе двигателя автомобиля k -й группы на холостом ходу, г/мин;

$t_{\text{пр}}$ – время прогрева двигателя, мин;

L_1 и L_2 – пробег автомобиля по территории стоянки, км;

$t_{\text{хх}1}$ и $t_{\text{хх}2}$ – время работы двигателя на холостом ходу при выезде с территории стоянки и возврате на нее, мин.

Расчетная схема



1 – территория или помещение стоянки;

2 – дороги общего пользования;

3 – въезд с дороги общего пользования;

4 – выезд на дорогу общего пользования.

Значения удельных выбросов загрязняющих веществ $m_{\text{пр}ik}$ и $m_{L_{ik}}$, $m_{\text{хх}ik}$ для различных типов автомобилей представлены в табл. 5, 6, 7.

Таблица 6.1. Удельные выбросы загрязняющих веществ при прогреве двигателей легковых автомобилей, г/мин

Рабочий объем дви- гателя, л	Тип двигат- еля	Удельные выбросы загрязняющих веществ ($m_{прик}$)								
		СО			СП			NO _x		
		Т	Х		Т	Х		Т	Х	
			БП	СП		БП	СП		БП	СП
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
До 1,2	Б	2,6	5,1	3,4	0,26	0,40	0,32	0,02	0,03	0,02
От 1,2 до 1,8	Б	4,0	7,1	4,8	0,38	0,60	0,48	0,03	0,04	0,03
От 1,8 до 3,5	Б	5,0	9,1	6,2	0,65	1,0	0,80	0,05	0,07	0,05
Свыше 3,5	Б	9,5	19,0	12,4	1,15	1,73	1,38	0,07	0,09	0,07

Продолжение табл.6.1

Рабочий объем двигателя, л	Тип двигат- еля	Удельные выбросы загрязняющих веществ ($m_{прик}$)								
		SO ₂			РЬ					
		Т	Х		АИ-93			А-92; А-76		
			БП	СП	Т	Х		Т	Х	
1	2	12	13	14	15	16	17	18	19	20
До 1,2	Б	0,008	0,010	0,009	0,005	0,006	0,005	0,003	0,003	0,003
От 1,2 до 1,8	Б	0,010	0,013	0,011	0,006	0,008	0,007	0,003	0,004	0,004
От 1,8 до 3,5	Б	0,013	0,016	0,014	0,007	0,009	0,008	0,003	0,004	0,004
Свыше 3,5	Б	0,018	0,021	0,019	0,010	0,012	0,011	0,004	0,005	0,005

Примечание. Б - тип двигателя бензиновый; период года: Т- теплый, Х - холодный; БП - открытая или закрытая неотапливаемая стоянка без средств подогрева.

Таблица 6.2. Пробеговые выбросы легковых автомобилей, г/км

Рабочий объем двигателя, л	Тип двигателя	Удельные выбросы загрязняющих веществ ($m_{L_{ik}}$)					
		СО		С	Н	NO _x	
		Т	Х	Т	Х	Т	Х
1	2	3	4	5	6	7	8
До 1,2	Б	13,8	17,3	1,3	1,9	0,23	0,23
От 1,2 до 1,8	Б	15,8	19,8	1,6	2,3	0,8	0,28
От 1,8 до 3,5	Б	17,0	21,3	1,7	2,5	0,40	0,40
Свыше 3,5	Б	24,0	30,0	2,4	3,6	0,56	0,56

Продолжение табл.6.2

Рабочий объем двигателя, л	Тип двигателя	Удельные выбросы загрязняющих веществ ($m_{L_{ik}}$)					
		SO ₂		РБ			
		Т	Х	АИ-93		А-92; А-76	
				Т	Х	Т	Х
1	2	9	10	11	12	13	14
До 1,2	Б	0,040	0,050	0,019	0,024	0,009	0,011
От 1,2 до 1,8	Б	0,060	0,070	0,028	0,035	0,013	0,016
От 1,8 до 3,5	Б	0,070	0,090	0,035	0,044	0,016	0,021
Свыше 3,5	Б	0,105	0,130	0,053	0,067	0,025	0,032

Таблица 6.3. Удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом ходу легковыми автомобилями, г/мин

Рабочий объем двигателя, л	Тип двигателя	Удельные выбросы загрязняющих веществ ($m_{\text{ххик}}$)					
		СО	сн	NO.	SO2	РБ	
						АИ-93	Л-92; А-76
До 1,2	Б	2,5	ОДО	0,02	0,008	0,005	0,002
От до 1,8	Б	3,5	0,30	0,03	0,010	0,006	0,003
От 1,8 до 3,5	Б	4,5	0,40	0,05	0,012	0,007	0,003
Свыше 3,5	Б	7,0	0,80	0,08	0,016	0,009	0,005

Периоды года (холодный, теплый, переходный) условно определяются по величине среднемесячной температуры. Месяцы, в которых среднемесячная температура ниже $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, относятся к холодному периоду, месяцы со среднемесячной выше $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ – к теплому периоду и с температурой от $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ – к переходному.

Время прогрева автомобиля $t_{\text{пр}}$ в минутах зависит от температуры воздуха (табл. 8) [8].

Таблица 6.4. Время прогрева двигателя в зависимости от температуры воздуха (открытые и закрытые неотапливаемые стоянки), мин

Категория автомобиля	Время прогрева $t_{\text{пр}}$						
	Выше $5\text{ }^{\circ}\text{C}$	От $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$	От $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$	От $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$	От $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$	От $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$	Ниже $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$
Легковой автомобиль	3	4	10	15	15	20	20
Грузовой автомобиль и автобус	4	6	12	20	25	30	30

Средний пробег автомобилей в километрах по территории или помещению стоянки (L_1 – при выезде и L_2 – при возврате) рассчитываются по формулам

$$L_1 = (L_{1Б} + L_{1Д}) : 2, \quad (6.3)$$

$$L_1 = \frac{L_{2Б} + L_{2Д}}{2}, \quad (6.4)$$

где $L_{1Б}$, $L_{1Д}$ – пробег автомобиля от ближайшего к выезду и наиболее удаленного

от выезда места стоянки до выезда со стоянки, км;

$L_{2Б}$, $L_{2Д}$ – пробег автомобиля от ближайшего к въезду и наиболее удаленного от въезда места стоянки автомобиля до въезда на стоянку, км.

Продолжительность работы двигателя на холостом ходу (мин) при выезде (въезде) автомобиля со стоянки определяется по формуле

$$t_{xx1} = t_{xx2} = 1 \text{ мин.} \quad (6.5)$$

Валовый выброс i -го вещества (M_{ji}) автомобилями (t) в год рассчитывается отдельно для каждого периода года по формуле

$$M_{ji} = \sum a_{в} (M_{1ik} + M_{2ik}) \cdot N_k \cdot D_p \cdot 10^{-6}, \quad (6.6)$$

где $a_{в}$ – коэффициент выпуска (выезда);

N_k – количество автомобилей k -й группы на территории или помещении стоянки за расчетный период;

D_p – количество дней работы в расчетном периоде (холодном, теплом, переходном);

j – период года (Т – теплый, П – переходный, Х – холодный).

Для холодного периода расчет M_i выполняется для каждого месяца. Коэффициент выпуска $a_{в}$ определяется по формуле

$$a_{в} = \frac{N_{кв}}{N_k}, \quad (6.7)$$

где $N_{кв}$ – среднее за расчетный период количество автомобилей k -й группы, выезжающих в течение суток со стоянки.

Общий валовый выброс (t) в год (M_j) рассчитывается путем суммирования валовых выбросов одноименных веществ по периодам года по формуле

$$M_j = M_j^T + M_j^П + M_j^X \quad (6.8)$$

Максимальный разовый выброс i -го вещества (G , г/с) вычисляется для каждого месяца по формуле

$$G_i = \frac{\sum M_{ik} \cdot N_k}{3600}, \quad (6.9)$$

где N_k – количество автомобилей k -й группы, выезжающих со стоянки за 1 час, характеризующейся максимальной интенсивностью выезда автомобилей.

Из полученных значений G_i выбирается максимальное.

Задание 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПО ВЗВЕШЕННЫМ ВЕЩЕСТВАМ И ПО ВЗВЕШЕННЫМ ВЕЩЕСТВАМ И ПО БПК_{ПОЛН}

Сточные воды подразделяются на три основные категории: бытовые, производственные, атмосферные (дождевые и малые) загрязнения, содержащиеся во всех видах органические, бактериальные, биологические и присутствуют они в них в виде нерастворенном, коллоидальном и растворенном состояниях.

Нерастворенные вещества в сточных водах, задержанные на бумажном фильтре, называются взвешенными веществами.

Степень загрязненности сточных вод органическими веществами, способными биохимически окисляться, оценивается БПК – биохимической потребностью в кислороде, при этом различают БПК_{ПОЛН} (БПК₂₀) – двадцатисуточная проба и БПК₅ – пятисуточная проба.

Бытовые сточные воды от населения характеризуются более или менее постоянной суточной массой загрязнений, отнесенной на одного жителя [9].

Состав производственных сточных вод разнообразен и в каждом частном случае определяется лабораторными анализами.

Массовая концепция загрязнения в сточных водах – это отношение массы загрязнения к объему воды (мг/л; г/м³).

Концепция взвешенных веществ в бытовых сточных водах определяется по формуле

$$b_{\text{б}} = \frac{a \cdot 1000}{q_{\text{н}}} \quad (7.1)$$

где **a** – масса взвешенных веществ на одного жителя, г/сут [9]

q_н – норма водоотведения, л/сут.

В сточных производственных водах предприятий концепция взвешенных веществ определяется по технологическому процессу выпуска продукции (**b_{пр}**).

В общем стоке концепция взвешенных веществ определяется по формуле

$$b_{\text{общ}} = \frac{b_{\text{б}} \cdot Q_{\text{быт}}^1 + b_{\text{б}} \cdot Q_{\text{быт}}^2 + b_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{пр}}^1 + b_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{пр}}^2}{Q_{\text{быт}}^1 + Q_{\text{быт}}^2 + Q_{\text{пр}}^1 + Q_{\text{пр}}^2}, \text{ мг/л}; \quad (7.2)$$

где **Q_{быт}**, **Q_{пр}** – среднесуточные расходы соответственно бытовых и производственных сточных вод, м³/сут;

b_б, **b_{пр}** – концентрация взвешенных веществ в бытовых и производственных сточных водах, г/м³.

Концентрация по БПК_{полн} в бытовых сточных водах определяется по формуле

$$L_{\text{быт}} = \frac{P \cdot 1000}{q_n}, \text{ г/м}^3 \quad (7.3)$$

где P – БПК_{полн} осветленной сточной жидкости на одного жителя, г/сут [9].

q_n – норма водоотведения, л/сут.

В производственных сточных водах по технологическому заданию $b_{\text{пр}}$ г/м³.

В общем стоке концентрация по БПК_{полн} определяется по формуле

$$L_{\text{общ}} = \frac{L_b \cdot Q_{\text{быт}}^1 + L_b \cdot Q_{\text{быт}}^2 + L_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{пр}}^1 + L_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{пр}}^2}{Q_{\text{быт}}^1 + Q_{\text{быт}}^2 + Q_{\text{пр}}^1 + Q_{\text{пр}}^2}, \text{ г/м}^3 \quad (7.4)$$

Таблица 9.1 Данные о концентрациях по взвешенным веществам и БПК_{полн}

№ варианта	Норма водоотведения 1-го района q_n л/сут	Расход бытовых сточных вод 1-го района $Q_{\text{быт}}^1$	Концентрация взвешенных веществ приходящего на 1-го и 2-го района приходящего на 1 жителя	Концентрация по БПК на 1-го жителя Для 1-го и 2-го районов города	Расход производственных сточных вод ПП ₁ $Q_{\text{пр}}^1$	Расход бытовых сточных вод 1-го района $Q_{\text{быт}}^2$	Расход производственных сточных вод ПП ₂ $Q_{\text{пр}}^2$	БПК _{полн} 1-го и 2-го района	БПК _{полн} в речных водах $L_{\text{пр}}$	Норма водоотведения 2-го района q_n^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	90	1100	40	140/160	1300	2000	1400	65	1,2	100
2	90	1200	40	150/170	1500	2100	1600	65	1,3	100
3	90	1300	40	180/200	1700	2200	1800	65	1,4	100
4	90	1400	40	200/220	1900	2300	2000	65	1,5	100
5	90	1500	40	220/240	2000	2400	2100	65	1,6	100
6	90	1600	40	240/260	2200	2500	2300	65	1,7	100
7	90	1700	40	260/280	2400	2600	2500	65	1,8	100
8	100	1800	40	280/300	2600	2700	2700	65	1,9	110
9	100	1900	40	300/310	2800	2800	2900	65	2,0	110
10	100	2000	40	310/320	3000	2900	3100	65	2,1	110
11	100	2100	40	320/330	3200	3000	3300	65	2,2	110
12	100	2200	40	330/340	3400	3100	3500	65	2,3	110
13	100	2300	40	340/350	3600	3200	3700	65	2,4	110

Продолжение табл. 9.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
14	110	2400	40	290/305	3800	3300	3900	65	2,5	120
15	110	2500	40	307/342	4000	3400	4100	65	2,6	120
16	110	2600	40	327/338	4200	3500	4300	65	2,7	120
17	110	2700	40	326/343	4400	3600	4500	65	2,8	120
18	100	2800	40	218/227	4600	3700	4700	65	2,9	120
19	110	2900	40	221/252	4800	3800	4900	65	3,0	120
20	120	3000	40	223/319	5000	3900	5100	65	3,1	130
21	120	3100	40	304/312	5200	4000	5300	65	3,2	130
22	120	3200	40	314/333	5400	4100	5500	65	3,3	130
23	120	3300	40	318/338	5600	4200	5700	65	3,4	130
24	120	3400	40	324/336	5800	4300	5900	65	3,5	130
25	120	3500	40	315/325	6000	4400	6100	65	3,6	130

Задание 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПО ВЗВЕШЕННЫМ ВЕЩЕСТВАМ И ПО БПК_{полн} СМЕСИ СТОЧНЫХ ВОД И ВОДЫ ВОДОЕМА

Необходимую степень очистки сточных вод, спускаемых в водоем, находят по следующим показателям: количество взвешенных веществ, допускаемая БПК смеси речных и сточных вод и других показателей.

Для расчета разбавления в средних и больших реках наибольшее распространение получил метод Фролова – Родзиллера. Коэффициент смешения определяют по формуле

$$a = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \left(\frac{Q_p}{Q_{ст\ в}}\right) \cdot e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} \quad (8.1)$$

где Q – расход воды в створе реки у места выпуска сточных вод, м³/с;

$Q_{ст\ в}$ – расход сточных вод, м³/с;

L – длина русла от места выпуска сточных вод до расчетного створа, м;

α – коэффициент, зависящий от гидравлических условий смешения.

Коэффициент α вычисляют по формуле

$$\alpha = \zeta \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q_{\text{ст в}}}} \quad (8.2)$$

где ζ – коэффициент, учитывающий место расположения выпуска (для берегового $\zeta = 1,0$, для руслового $\zeta = 1,5$)

φ – коэффициент извилистости русла;

E – коэффициент турбулентной диффузии.

Коэффициент извилистости русла определяют по следующей формуле

$$\varphi = \frac{L_{\phi}}{L} \quad (8.3)$$

где L_{ϕ} – расстояние по фактору русла от места выпуска, м;

L – расстояние между этими сечениями, м.

Коэффициент турбулентной диффузии

$$E = \frac{V_{\text{ср}} \cdot H_{\text{ср}}}{200} \quad (8.4)$$

где $V_{\text{ср}}$ – средняя скорость течения воды в реке между выпуском и расчетным створом, м/с;

$H_{\text{ср}}$ – средняя глубина реки на том же участке, м.

Для определения кратности разбавления в расчетных створах следует применять формулу

$$n = \frac{a \cdot Q + q_{\text{ст в}}}{q_{\text{ст в}}} \quad (8.5)$$

Предельно допустимое содержание взвешенных m , г/м³, в спускаемых в водоем сточных водах определяют по формуле

$$m = p \cdot \left(\frac{a \cdot Q}{q_{\text{ст в}}} + 1 \right) + b \quad (8.6)$$

где p – допустимое санитарными водами увеличения содержания взвешенных веществ в водоеме после спуска сточных вод, г/м³;

Q – расход воды в створе реки у места выпуска сточных вод, м³/с;

$q_{\text{ст в}}$ – расход сточных вод, м³/с;

b – содержание взвешенных веществ в водоеме до спуска в него сточных вод, г/м³.

Степень необходимой очистки по взвешенным веществам определяется (%) по формуле

$$\Theta = \frac{c-m}{c} \cdot 100 \quad (8.7)$$

где c – содержание взвешенных веществ до очистки, мг/л.

В общем случае концентрация загрязнений в сточных водах, удовлетворяющая санитарным требованиям при спуске их в водоем, определяется по формуле

$$L_{\text{ст}} = \frac{a \cdot Q}{q_{\text{ст в}} \cdot 10^{-k_{\text{ст}} \cdot t}} \cdot [L_{\text{пр д}} \cdot L_{\text{р}} \cdot 10^{-k_{\text{ст}} \cdot t}] + \frac{L_{\text{пр д}}}{10^{-k_{\text{ст}} \cdot t}} \quad (8.8)$$

где $L_{\text{ст}}$ – БПК_{полн} очищенной сточной водой, г/м³;

$k_{\text{ст}}$, $k_{\text{р}}$ – константы скорости потребления кислорода сточной и речной водой, определяемые опытным путем;

T – продолжительность перемещения воды от места выпуска сточных вод до расчетного створа, сут;

$L_{\text{пр д}}$ – предельно допустимая БПК_{полн} смеси речной и сточной воды в расчетном створе, г/м³;

$L_{\text{р}}$ – БПК_{полн} речной воды до места выпуска сточных вод, г/м³.

Продолжительность протока воды от места спуска до расчетного створа

$$T = \frac{L}{v_{\text{ср}} \cdot 86400} \quad (8.9)$$

Требуемая степень очистки сточных вод по БПК_{полн}

$$\Theta = \frac{L_{\text{общ}} \cdot L_{\text{ст}}}{L_{\text{общ}}} \cdot 100 \% \quad (8.10)$$

Таблица 8. Исходные данные

№ п.п.	Параметры	Ед изм	Номер варианта									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Расход реки	м ³ /с	5,0	7,0	9,0	10,0	12,0	14,0	6,0	8,0	11,0	8,5
2	Средняя глубина реки	м	1,4	2,0	2,3	2,5	2,7	2,9	2,1	2,4	2,2	1,9
3	Скорость движения воды	м	1,0	1,3	1,1	1,0	1,2	1,5	1,1	1,0	1,2	1,4
4	Содержание взвешенных веществ	мг/л	20	18	16	14	12	10	8	6	5	4
5	БПК ₂₀	мг/л	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	3,0
6	Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа:											
	по прямой	км	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
	по фарватеру	км	0,8	1,0	1,3	1,5	2,0	2,5	3,1	3,4	3,9	4,3

Продолжение табл 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Расход реки	м ³ /с	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
2	Средняя глубина реки	м	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3
3	Скорость движения воды	м	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
4	Содержание взвешенных веществ	мг/л	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0
5	БПК ₂₀	мг/л	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1
6	Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа:											
	по прямой	км	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
	по фарватеру	км	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6

Окончание табл 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
			21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Расход реки	м ³ /с	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0
2	Средняя глубина реки	м	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3
3	Скорость движения воды	м	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
4	Содержание взвешенных веществ	мг/л	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0
5	БПК ₂₀	мг/л	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1
6	Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа:											
	по прямой	км	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4
	по фарватору	км	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5

Задание 9. РАСЧЕТ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАДЕРЖАНИЯ И ДРОБЛЕНИЯ КРУПНЫХ ОТБРОСОВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В СТОЧНЫХ ВОДАХ

Цель работы: произвести расчет гребельных решеток.

Сточные воды от жилого сектора содержат большое количество крупных отбросов самого различного состава: кухонные, древесные, текстиль, бумага, пробки и т. д.

Количество отбросов, задерживаемых на решетках, зависит от вида сточных вод и ширина прозоров решетки. Для бытовых сточных вод при механической очистке решеток количество задерживаемых на решетках отбросов на одного жителя, обслуживаемого системой водоотведения, принимают: при ширине прозоров 16 мм – 6 л/год; при ширине 20 мм – 5 л/год.

Количество отбросов, приходящихся на единицу сточной жидкости, повержено разным колебаниям в зависимости от соотношения количества хозяйственно – фекальных вод и промышленных стоков, расхода воды на душу населения, времени года, схемы водоотведения и качества эксплуатации системы водоотведения. Состав и количество крупных отбросов зависит также и от времени года. Крупные отбросы, содержащиеся в сточной жидкости, задерживаются и перерабатываются на очистных сооружениях, так как установленные решетки в насосных станциях предохраняют насосы от засорения и повреждения.

Решетки на очистной станции подразделяют на неподвижные и подвижные. Наиболее широкое распространение получили неподвижные. Для удобства съема загрязнений решетки устанавливают под углом к горизонту $\alpha = 60 - 70^\circ$. Если количество улавливаемых загрязнений составляет $0,1 \text{ м}^3$ в 1 сут и более, тогда очистка решеток – механизирована.

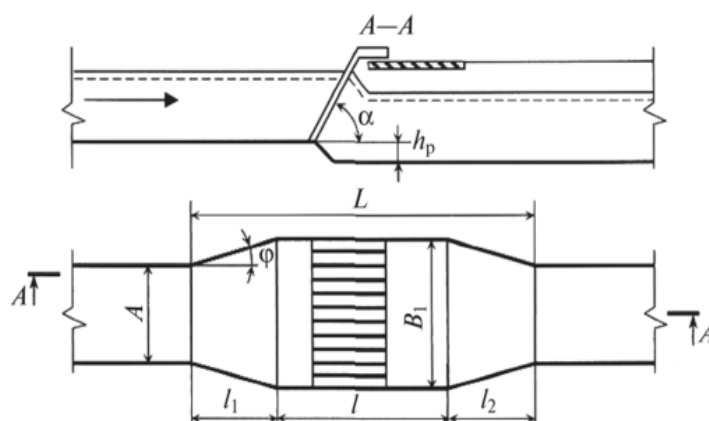


Рис 9.1 Схема установки решетки в канале

Определяем площадь живого сечения решетки по формуле

$$F = \frac{Q_{\max}}{V}, \text{ м}^2 \quad (9.1)$$

где Q_{\max} – максимальный секундный расход, м³/с;

V – скорость движения жидкости в прозорах решетки, м/с.

В прозорах механизированных решеток $V = 0,8 - 1,0$ м/с.

Зная суточный расход от города и по таблице 9.1, определяем число рабочих решеток

$$N = \frac{F}{f}, \text{ шт} \quad (9.2)$$

где f – площадь прохода решетки, м².

Число прозоров в решетки (n) определяем по формуле

$$B_p = n \cdot b + (n - 1) \cdot s \quad (9.3)$$

где b – ширина прозоров, м;

s – толщина стержней, м;

B_p – ширина решетки, мм.

Расчетное наполнение перед решеткой

$$h_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot k_1}{b \cdot V_p \cdot n \cdot N} \quad (9.4)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий стеснение потока граблями.

Потери напора в решетке определяем по формуле

$$h_p = \zeta \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot k \quad (9.5)$$

где k – коэффициент, учитывающий увеличения потерь напора в решетке вследствие засорения ее отбросами.

ζ – коэффициент местного сопротивления решетки.

$$\zeta = \beta \cdot \left(\frac{s}{b}\right)^{4/3} \cdot \sin \alpha \quad (9.6)$$

β – коэффициент, зависящий от формы стержней решетки.

Значения коэффициента определяются по таблице 9.1

Таблица 9.1 Значения коэффициентов

Форма стержней	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
β	2,42	1,83	1,67	1,035	0,92	0,76	1,79

Суточный объем отбросов, снимаемых с решеток, определяется по формуле

$$W = \frac{a \cdot N_{\text{пр}}}{365 \cdot 1000} \quad (9.7)$$

где a – отбросы, приходящиеся на одного человека в год, а b – 8,0 л/сут;

$N_{\text{пр}}$ – приведенное население по взвешенным веществам, чел.

Массу отбросов, снимаемых с решеток в сутки, определяем по формуле

$$P = \frac{W \cdot \gamma}{1000} \quad (9.8)$$

где γ – плотность отбросов, $\gamma = 750 \text{ кг/м}^3$.

Таблица 9.2 Техническая характеристика решеток типа МГ и РММВ

Марка	Размеры канала перед решеткой, лем		Площадь прохода решетки f , м^2	Ширина решетки B_p , мм	Производительность W , тос $\text{м}^3/\text{сут}$	Вес, кг
	В	Н				
РМВ – 1000	1000	1000	0,3	1400	26,0	1690
МГ 9Т	1000	1200	0,38	1425	33,0	1320
МГ 7Т	800	1400	0,39	1338	35,0	1000
МГ 11Т	1000	1600	0,57	1520	50,0	1500
МГ 10Т	1000	2000	0,74	1580	65,0	1800
МГ 8Т	1400	2000	1,25	1955	110,0	1657
МГ 12Т	1600	2000	1,5	2175	130,0	1870
МГ 6Т	2000	2000	1,9	2675	165,0	1951
МГ 5Т	2000	3000	2,1	2175	185,0	2690
РМВ	600	800	0,2	1180	17,0	610