

Оглавление

Введение	4
Глава 1. РЕЖИМЫ ДВИЖЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД В СЕТЯХ ВОДООТВЕДЕНИЯ	6
1.1. Напорное и безнапорное движение.....	6
1.2. Условия образования отложений в лотковой части труб	7
1.3. Причины и последствия образования внутренних отложений в сетях водоснабжения и водоотведения.....	8
1.4. Механизм образования внутренних отложений в сетях водоснабжения и водоотведения.....	10
1.4.1. Напорные сети водоснабжения из металлических труб и труб из серого чугуна	10
1.4.2. Самотечные сети водоотведения из разных материалов труб	20
Глава 2. РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ	22
2.1. Характеристики труб, учитываемые при гидравлическом расчете	22
2.2. Гидравлический потенциал труб.....	22
2.3. Зависимость, учитывающая изменение значений характеристик гидравлического потенциала труб.....	23
Глава 3. МЕТОДИКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА САМОТЕЧНЫХ СЕТЕЙ С ОТЛОЖЕНИЯМИ В ЛОТКОВОЙ ЧАСТИ ТРУБ	27
3.1. Цель гидравлического расчета труб.....	27
3.2. Действующие нормативные требования	27
3.3. Приведенный внутренний диаметр труб.....	28
3.4. Точность гидравлического расчета значений характеристик гидравлического потенциала труб водоотведения	31
3.5. Прогнозирование значений гидравлических характеристик труб в процессе жизненного цикла «Эксплуатация».....	32
Глава 4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ САМОТЕЧНЫХ СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ.....	37
4.1. Количественная оценка эффективности эксплуатации трубопроводов водоотведения с внутренними отложениями	37
4.2. Допустимая толщина слоя отложений в лотковой части труб из разных материалов.....	38
4.3. Допустимый уровень наполнения самотечных сетей водоотведения	40
4.4. Измерение толщины слоя отложений в самотечных сетях водоотведения	41
4.5. Измерение фактического уровня наполнения труб.....	42
4.6. Структура таблиц для гидравлического расчета сетей водоотведения с внутренними отложениями.....	43
4.7. Пример гидравлического расчета ПВХ труб с отложениями	44
Глава 5. ТАБЛИЦЫ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СЕТЕЙ ВОДООТВЕДЕНИЯ С ВНУТРЕННИМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ ИЗ БЕТОННЫХ, АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ И КЕРАМИЧЕСКИХ ТРУБ.....	49
5.1. Трубы бетонные безнапорные	49
5.2. Трубы асбестоцементные безнапорные.....	69
5.3. Трубы керамические канализационные.....	84
Заключение.....	114
Библиографический список	116

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное строительство зданий и сооружений разного назначения на всей территории страны требует их подключения к уже действующим сетям водоснабжения, водоотведения и энергосбережения. Органы управления в городах и населенных пунктах должны обязательно обосновывать выдаваемые разрешения на подключение к сетям инфраструктуры, так как сети водоснабжения и водоотведения перегружены и могут работать в недопустимых с гидравлической точки зрения режимах. Это приводит к тому, что потребители питьевой воды или услуг водоотведения жалуются на недостаточный напор питьевой воды или на частые закупорки сетей водоотведения.

Проведенный анализ режимов эксплуатации хозяйственно-бытовых сетей водоотведения показал, что сети, как правило, работают с повышенным уровнем фактического наполнения труб, что не допускается требованиями действующих стандартов и Правилами эксплуатации коммунальных сетей водоотведения. Причиной этого является наличие в трубопроводах водоотведения слоя отложений (осадка) в лотковой части труб из любого вида материалов.

В представленной монографии обобщен многолетний опыт авторов, связанный с уточнением гидравлического расчета трубопроводов с внутренними отложениями, вызывающими изменение значений гидравлических характеристик труб, что приводит к их неэффективной эксплуатации.

В *первой главе* рассмотрены возможные режимы движения сточных вод, показаны условия образования слоя отложений в их лотковой части, а также приведен механизм образования такого слоя осадка.

Во *второй главе* рассмотрены расчетные формулы для гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения, уточнены характеристики труб для проведения их гидравлического расчета и предложена уточненная зависимость, учитывающая влияние толщины слоя осадка на значение характеристик гидравлического потенциала труб.

В *третьей главе* изучены закономерности проведения гидравлического расчета самотечных сетей водоотведения с осадком в лотковой части труб, приведена методика их гидравлического расчета, показана точность проведения гидравлического расчета труб с отложениями и обоснована возможность прогнозирования значений характеристик гидравлического потенциала труб в процессе их жизненного цикла «Эксплуатация».

В *четвертой главе* представлена методика оценки эффективности эксплуатации трубопроводов водоотведения с внутренними отложениями, в зависимости от толщины слоя осадка в лотковой части труб и приведены устройства для измерения толщины слоя отложений в самотечных сетях водоотведения и фактического уровня наполнения труб.

В *пятой главе* помещены таблицы для гидравлического расчета сетей водоотведения. В их разработке принимал участие С.С. Балашов — аспирант кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика» ПГУПС Императора Александра I.

Глава 1. РЕЖИМЫ ДВИЖЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД В СЕТЯХ ВОДООТВЕДЕНИЯ

1.1. Напорное и безнапорное движение

При перемещении сточных вод по сетям водоотведения наблюдаются два возможных гидравлических режима движения: напорный — с помощью насосов, и безнапорный — самотечный, при неполном уровне наполнения труб H , регламентированном требованиями СП 32.13330.2018 [1].

При напорном режиме движения сточные воды перемещаются под давлением, развиваемым насосом, и трубопровод всегда работает полным сечением (рис. 1.1).

При самотечном режиме движения, в зависимости от скорости потока V , в лотковой части труб может образовываться слой осадка, повышающий фактический уровень наполнения труб $H_{\text{ф}}$ (рис. 1.2).



Рис. 1.1. Отложения в напорных коллекторах



Рис. 1.2. Отложения в самотечных сетях водоотведения

В зависимости от толщины слоя осадка h (рис. 1.3) изменяется уровень фактического наполнения труб $H_{\text{ф}}$, что приводит к изменению фактического уровня наполнения труб $H_{\text{ф}}$, и сеть начинает работать с полным наполнением, то есть полным сечением. Это нарушает требования действующего норматива, так как исключает возможность вентилирования сети и удаления из нее дурнопахнущих газов.

В сетях водоотведения, в зависимости от степени наполнения труб и их диаметра $d_{\text{вн}}$ регламентируется минимальная скорость потока

сточной жидкости V_{\min} , м/с, обеспечивающая условие $V_{\phi} < V_{\min}$, при котором не образуется слой осадка в лотковой части труб.

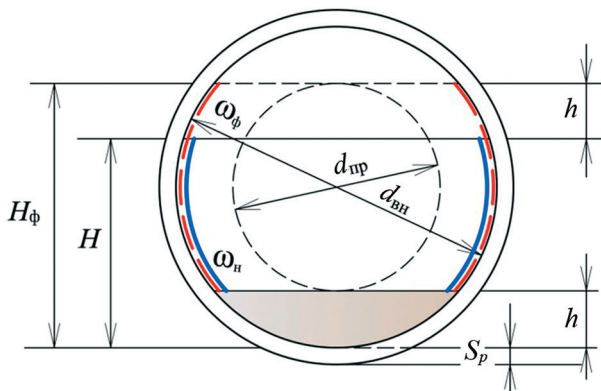


Рис. 1.3. Характеристики самотечного потока:

H — нормативный уровень по СП 13.330.2018 наполнения труб; H_{ϕ} — фактический (измеренный) уровень наполнения труб; h — толщина слоя осадка;
 $d_{\text{вн}}$ — внутренний диаметр труб из конкретного вида материала по ГОСТ;
 $d_{\text{нр}}$ — приведенный диаметр труб; S_p — толщина стенки трубы по ГОСТ;
 $\omega_{\text{н}}$ — площадь смоченного периметра поверхности трубы с нормативным уровнем наполнения H ; ω_{ϕ} — фактическая площадь смоченного периметра трубы с наполнением H_{ϕ}

1.2. Условия образования отложений в лотковой части труб

В зависимости от толщины слоя отложений h изменяется степень наполнения (рис. 1.3) труб $H/d_{\text{вн}}$, то есть существует зависимость:

$$H/d_{\text{вн}} = f(h),$$

подтверждающая, что чем больше степень наполнения труб $H/d_{\text{вн}}$, тем больше толщина слоя отложений h в их лотковой части. Возникает необходимость в определении по степени фактического наполнения труб $H_{\phi}/d_{\text{вн}}^{\phi}$ толщины слоя отложений h . Такая задача может быть решена для самотечных сетей водоотведения только при известном механизме образования слоя отложений в лотковой части труб.

Рассмотрим механизм образования слоя отложений h в лотковой части труб, когда нарушаются требования норматива СП 32.13330.2018, относительно обеспечения фактической скорости потока V_{ϕ} , соответствующей условию:

$$V_{\phi} \leq V_{\min}, \text{ м/с.}$$

Предварительно отметим причины и последствия образования внутренних отложений в напорных сетях водоснабжения и самотечных сетях водоотведения.

1.3. Причины и последствия образования внутренних отложений в сетях водоснабжения и водоотведения

Установлено, что в процессе жизненного цикла «Эксплуатация» трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения при определенных условиях на внутренней поверхности труб образуются отложения, фрагменты которых приведены на рис. 1.4, *а–г*. Такие отложения вызывают изменения значений характеристик гидравлического потенциала труб — $d_{\text{вн}}$, V , i , которые используются при гидравлическом расчете трубопроводов.



Рис. 1.4. Фрагменты отложений на внутренней поверхности труб: *а, б* — на стенках металлических труб; *в* — напорных сетей водоотведения; *г* — самотечных сетей водоотведения

Наличие слоя внутренних отложений на стенках труб приводит к последствиям, изменяющим значения характеристик гидравлического потенциала труб и влияющим на продолжительность периода эксплуатации изношенных сетей и энергопотребление насосных агрегатов для напорных сетей и коллекторов [1, 2].

На рис. 1.5 перечислены причины и последствия изменения значений гидравлических характеристик трубопроводов водоснабжения и водоотведения с внутренними отложениями.



Рис. 1.5. Причины и последствия изменения значений гидравлических характеристик трубопроводов водоснабжения и водоотведения

1.4. Механизм образования внутренних отложений в сетях водоснабжения и водоотведения

1.4.1. Напорные сети водоснабжения из металлических труб и труб из серого чугуна

Образующийся на внутренней поверхности труб из стали и серого чугуна в процессе жизненного цикла «Экспертиза» слой отложений является продуктом сложных физико-химических процессов, происходящих как на самой поверхности труб, так и в транспортируемой по трубопроводу питьевой воде [2, 5].

Структура слоя отложений в трубах зависит также от интенсивности процесса жизнедеятельности микроорганизмов, всегда присутствующих в водопроводных трубах, зависящего от:

- качества воды в источнике водоснабжения;
- физико-химического состава транспортируемой воды;
- режима эксплуатации трубопровода;
- продолжительности работы водопроводной сети.

Установлено опытом длительной эксплуатации водопроводных сетей из металлических труб, что слой внутренних отложений, вне зависимости от скорости потока, образуется всегда [5, 24]. Это свидетельствует о том, что его образование носит комплексный адгезионный характер. То есть является проявлением действия межмолекулярных сил и сил химического взаимодействия частиц воды.

Введем понятия:

• **слой внутренних отложений** на стенках металлических труб — продукт (осадок), являющийся результатом физико-химических процессов взаимодействия молекул воды в электромагнитном поле, возникающем за счет разницы потенциалов начальной и конечной точек водопроводной сети;

• **потенциал электромагнитного поля** вокруг металлических труб — энергетическая характеристика в произвольной точке, означающая разность потенциалов между любой точкой электромагнитного поля и точкой, принятой за нулевой потенциал (разность потенциалов). Означает четырехмерный потенциал (четвертый вектор (первой формы)) электромагнитного поля и относится к классу векторных полей [25];

• **частицы воды в электромагнитном поле** — молекулы с электрическим зарядом. Молекулы с одинаковым зарядом отталкиваются друг от друга, с разным — притягиваются друг к другу (рис. 1.6);

• **электрический заряд** частиц воды характеризуется силовыми линиями, которые выходят из «+» и входят в «-», и не могут пересекаться (рис. 1.6).

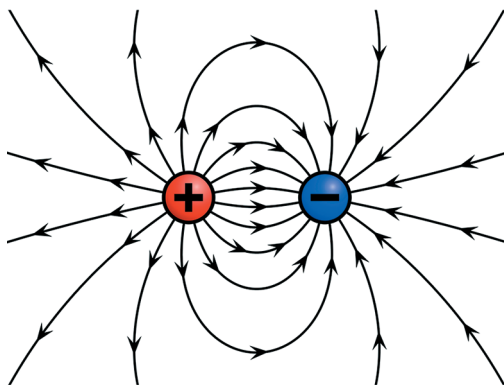


Рис. 1.6. Взаимодействие разнозаряженных частиц воды

На рис. 1.7 показаны силы, действующие на частицы с противоположным зарядом.

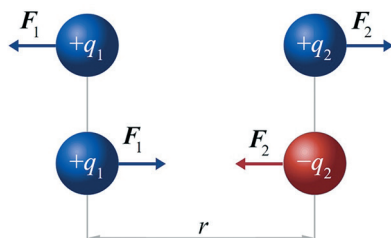


Рис. 1.7. Силы, действующие на частицы с противоположным зарядом:
 F_1 и F_2 — силы притяжения и отталкивания; q — заряд частиц

При движении воды по новой водопроводной трубе происходит ее «трение» о металлическую поверхность, в результате чего возникают электрические заряды. То есть стенка трубы наэлектризуется — приобретет заряд со знаком \oplus , а вода потеряет свой электрический заряд — приобретет заряд со знаком \ominus . Другими словами, молекулы, обладающие противоположными знаками, будут притягиваться друг к другу, а молекулы, обладающие разными знаками, будут отталкиваться друг от друга.

Электрический заряд частиц обладает свойством частиц (молекул) создавать вокруг себя электромагнитное поле. Каждый электрический заряд не является постоянным — он делим.

Притяжение или отталкивание наэлектризованных зарядов было описано в 1785 г. Кулоном в виде закона, похожего на законы тяготения, с разницей лишь в том, что заряд может быть как положительным \oplus — притягиваться, так и отрицательным \ominus — отталкиваться (рис. 1.6, 1.7).

Адгезия внутренних стенок труб — это «прилипание» (сцепление) или связь между находящимися в контакте поверхностями разнородных по составу тел (твердых и жидких (сталь – вода)), обусловленная межатомными силами притяжения, которая оценивается усилием отрыва, отнесенным к единице площади контакта. Адгезионный характер поверхности — это ее химическое свойство притягивать к себе другие частицы, разнородные по составу, то есть тенденция разнородных частиц цепляться друг за друга. Это понятие используется при разработке механизма образования слоя отложений на внутренней поверхности водопроводных труб из стали и серого чугуна.

Для разработки механизма образования слоя отложений на внутренней поверхности металлических труб рассмотрим строение молекулы воды H_2O .

Вода — это молекулярное химическое соединение, молекулы которого состоят из двух атомов водорода и одного — кислорода. Молекула воды имеет угловое строение (рис. 1.8).

Строение молекулы воды показано на рис. 1.8.

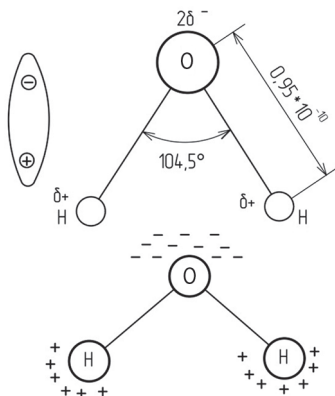


Рис. 1.8. Строение молекулы воды

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru