

11. Калинина А. И. Особенности формирования микроклимата в помещениях с повышенной влажностью, с учетом теплотехнических характеристик ограждающих конструкций / А. И. Калинина, А. Р. Макаров, Е. С. Аралов // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 3. – С. 256–259.
12. Логинов В. Е. Взаимные поверхности радиационного теплообмена для круговых усеченных конусов / В. Е. Логинов // Известия ТРТУ. – 2004. – № 3 (38). – С. 202–204.
13. Павлов М. В. Повышение эффективности системы лучистого отопления теплицы с использованием газовых инфракрасных излучателей / М. В. Павлов, И. Н. Бутовский // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2019. – № 6 (1018). – С. 36–38.
14. Идрисов А. З. Перспективы применения газовых инфракрасных излучателей в районах Крайнего Севера / А. З. Идрисов // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 1997. – № 3. – С. 55–57.
15. Бодров В. И. Исследование систем лучистого отопления на базе низкотемпературных инфракрасных излучателей / В. И. Бодров, М. В. Бодров, А. А. Смыков // Приволжский научный журнал. – 2019. – № 3 (51). – С. 52–57.
16. Чуйкин С. В. Совершенствование методики расчета параметров влажного воздуха при проектировании систем кондиционирования помещений с искусственным льдом / С. В. Чуйкин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 1 (43). – С. 65–72.
17. Семенова Э. Е. Повышение энергоэффективности эксплуатируемых зданий / Э. Е. Семенова, В. С. Думанова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – № 2 (32). – С. 72–75.

© Е. С. Аралов, В. Н. Мелькумов, Б. М. Кумицкий, С. В. Чуйкин

Ссылка для цитирования:

Аралов Е. С., Мелькумов В. Н., Кумицкий Б. М., Чуйкин С. В. К методике определения плотности лучистых тепловых потоков от излучателей линейной протяженности // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 3 (45). С. 22–27.

УДК 628.21/628.225/628.226
DOI 10.52684/2312-3702-2023-45-3-27-30

ОСОБЕННОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СЕТЕЙ КАНАЛИЗАЦИИ ИЗ ШАТРОВЫХ ТРУБ

Д. И. Шлычков, А. Г. Челоненко

Шлычков Дмитрий Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение», Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация, тел.: +7 (926) 286-56-54; e-mail: ShlyichkovDI@mgsu.ru;

Челоненко Андрей Геннадьевич, студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация, тел.: +7 (968) 517-79-34; e-mail: andreicelonenco@mail.ru

Рассмотрены основные вопросы, связанные с реконструкцией и гидравлическим расчетом канализационных труб из шатровых труб. Предложен расчет по классической формуле А. Шези, где основные составляющие: площадь сечения потока и скорость движения сточных вод, зависящая от коэффициента шероховатости стенок труб. Целью исследования является оценка пропускной способности трубы при ее реконструкции. Приведено описание и методики расчета канализационных труб шатрового сечения на конкретном примере. Сформулирован вывод о зависимости расхода от коэффициента шероховатости материала труб. Предложена разработка таблиц с указанием эквивалентных гидравлических характеристик для трубопроводов шатрового и круглого сечений.

Ключевые слова: сеть канализации, гидравлический расчет, шатровая труба, пропускная способность, кирпичный коллектор.

FEATURES OF HYDRAULIC CALCULATION OF SEWER NETWORKS FROM TENT PIPES

D. I. Shlychkov, A. G. Chelonenko

Shlychkov Dmitriy Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Water Supply and Sanitation, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation, phone: +7 (926) 286-56-54; e-mail: ShlyichkovDI@mgsu.ru;

Chelonenko Andrey Gennadyevich, student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation, phone: +7 (968) 517-79-34; e-mail: andreicelonenco@mail.ru

The main issues related to the reconstruction and hydraulic calculation of sewer pipes from tent pipes are considered. The calculation is proposed according to the classical formula of A. Shezi, where the main components are: the cross-sectional area of the flow and the velocity of wastewater movement, depending on the roughness coefficient of the pipe walls. The purpose of the study is to assess the capacity of the pipe during its reconstruction. The description and methods of calculation of sewer pipes of tent section on a concrete example are given. The conclusion is formed about the dependence of the flow rate on the roughness coefficient of the pipe material. The development of tables indicating equivalent hydraulic characteristics for tent and circular cross-section pipelines is proposed.

Keywords: sewerage network, hydraulic calculation, tent pipe, capacity, brick collector.

Введение

Объектом исследования является гидравлический расчет сетей канализации из шатровых труб.

Предметом исследования – особенности гидравлического расчета сетей канализации из шатровых труб и зависимости расхода от коэффициента шероховатости.

Задачи: оценить пропускную способность шатровой трубы при реконструкции; выявить зависимость расхода трубы от коэффициента шероховатости.

Научная новизна – уточнен гидравлический расчет канализационных сетей из шатровых труб.

В настоящее время остается актуальным вопрос реконструкции шатровых труб по причине ветхого состояния. Необходимо выполнять гидравлический расчет трубы для оценки пропускной способности.

Методику гидравлического расчета, представленную в примере, можно использовать для обоснования проектных решений при реконструкции шатровых труб.

В 1892 г. был утвержден проект строительства первой системы канализации в Москве, а в 1898 г. состоялся ее пуск в эксплуатацию.

Город был заполнен сточными канавами V-образной формы, в которые осуществлялось выведение сточных вод от жилых и общественных зданий.

Позже они стали основой для сооружений коллекторов и были перекрыты арочным кирпичным сводом, поэтому такая конструкция имеет полукруглую верхушку. Поверхность этих коллекторов была достаточно шероховатой. Однако, нормальное движение стоков возможно только при наличии гладкой внутренней поверхности, которая данная конструкция не обладала (рис. 1).

Кирпичные коллекторы устарели, но при этом остается актуальным вопрос восстановления (реконструкции) этих коллекторов на территории Москвы и других городах России [7].

В настоящее время проводится санация труб (релайнинг). Этот метод является альтернатив-

ным методом прокладки и отличается быстрыми сроками производства монтажных работ реконструируемых участков канализации. Особенностью данной технологии является возможность восстанавливать участки трубопровода без снятия сточных вод (рис. 2) [3].

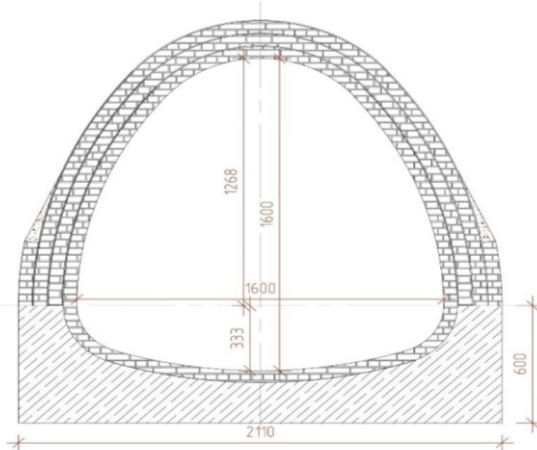


Рис. 1. Существующий кирпичный канализационный коллектор шатрового типа



Рис. 2. Санация шатрового трубопровода из стеклопластика

Для прокладки шатровых труб методом санации используются трубы от 1 до 12 м диаметром от 300 до 4000 мм включительно в зависимости от способа производства работ, размеров стартовых и приемных котлованов, износов существующих труб и т. д.

Таблица 1

Характеристики труб шатрового сечения

Номинальный размер, мм	Стандартные размеры			Общий размер	
	Радиус, мм	Максимальная длина, мм		A	B
a/b	г	L			
240/360	120	4600		290	410
300/450	150	4600		362	512
400/600	200	4600		480	680
500/750	250	4600		545	830
600/900	300	4600		648	980
680/1020	340	6000		770	1110
700/1050	350	4600		790	1140
800/1200	400	3000		900	1300
900/1350	450	2300		1025	1475
1000/1500	500	2300		1135	1635
1200/1800	600	2300		1355	1955
400/1000	200	2300		460	1060
508/1000	254	2000		582	1074
570/1200	285	3000		650	1280
700/1120	350	2300		780	1200
1406/1907	730	2000		1586	2087

Материалы и методы

В практике проектирования для расчета сетей канализации пользуются таблицами Лукиных, однако расчетные значения указаны только для труб круглого и прямоугольного сечений [1].

Для определения нужного диаметра трубопровода шатрового типа необходимо выполнить гидравлический расчет, который производится из условий равномерного движения жидкости по формулам (1) и (2):

$$q = \omega \cdot v \quad (1)$$

где q — расход сточных вод, протекающей в единицу времени, $\frac{м^3}{с}$; ω — площадь сечения, заполненного сточной водой, $м^2$; v — скорость движения сточных вод в единицу времени, $\frac{м}{с}$.

$$v = C\sqrt{Ri} \quad (2)$$

где R — гидравлический радиус, м, определяемый по формуле (3):

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \quad (3)$$

где i — гидравлический уклон, $\frac{м}{м}$; C — коэффициент А. Шези, зависящий от гидравлического радиуса и шероховатости смоченной поверхности трубопровода.

$$C = \frac{R^y}{n} \quad (4)$$

где y — показатель степени, определяется по формуле (5):

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R} \cdot (\sqrt{n} - 1) \quad (5)$$

где n — коэффициент шероховатости стенок труб.

Для расчетов шатровых труб из стеклопластика рекомендуется принимать в диапазоне $0,009 \div 0,01$, для труб с штукатуркой из цементно-песчаного раствора — $0,012 \div 0,014$.

Результаты

Условия задачи

Найти скорость потока и расход сточных вод для стеклопластиковой трубы шатрового сечения $D_{вн} = 1600$ мм при наполнении трубы $\frac{h}{d} = 0,3$ и заданном уклоне $i = 0,000515$ $\frac{м}{м}$.

Смоченный периметр — $\chi = 2,074$ м. Площадь сечения потока — $\omega = 0,61$ $м^2$.

Решение

1. Определяют гидравлический радиус по формуле (3):

$$R = \frac{0,61}{2,074} = 0,294 \text{ м.}$$

2. Определяют коэффициент А. Шези по формуле (4) и (5):

$$y = 2,5\sqrt{0,01} - 0,13 - 0,75\sqrt{0,294} \cdot (\sqrt{0,01} - 0,1) = 0,12;$$

$$C = \frac{0,294^{0,12}}{0,01} = 85,4.$$

3. Рассчитывают скорость движения сточных вод по формуле (2):

$$v = 85,4\sqrt{0,294 \cdot 0,000515} = 1,05 \frac{м}{с}.$$

4. Рассчитывают расход сточных вод по формуле (1):

$$q = 0,61 \cdot 1,05 = 0,641 \frac{м^3}{с} = 641 \frac{л}{с}.$$

Произведенный расчет подтверждает расход $0,641 \frac{м^3}{с}$ при наполнении $\frac{h}{d} = 0,3$ и уклоне $0,000515$ для стеклопластиковой трубы шатрового сечения $D_{вн} = 1600$ мм.

Для расчета кирпичного коллектора $D_{вн} = 1600$ мм принимаем гидравлические характеристики схожие с условием задачи для стеклопластиковой трубы. При этом шероховатость трубы принимаем $n = 0,013$.

Гидравлический радиус будет равен: $R = 0,294$ м.

Для определения коэффициента А. Шези по формуле (5) определяют показатель степени:

$$y = 2,5\sqrt{0,013} - 0,13 - 0,75\sqrt{0,294} \cdot (\sqrt{0,013} - 0,1) = 0,149;$$

$$C = \frac{0,294^{0,149}}{0,013} = 63,6.$$

Определяют скорость:

$$v = 63,6\sqrt{0,294 \cdot 0,000515} = 0,76 \frac{м}{с}.$$

Рассчитывают расход сточных вод по формуле:

$$q = 0,61 \cdot 0,76 = 0,427 \frac{м^3}{с} = 427 \frac{л}{с}.$$

Сравним расходы для стеклопластиковой трубы и кирпичного коллектора:

$$\frac{q_{ст}}{q_{кир}} = \frac{641}{427} = 1,5.$$

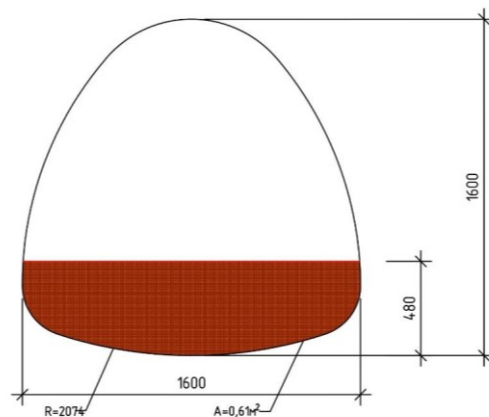


Рис. 3. Шатровая труба $D_{вн} = 1600$ мм с наполнением $\frac{h}{d} = 0,3$

Заключение

Приведенные формулы для гидравлического расчета шатровых труб позволяют оценить ее пропускную способность.

Для обоснования проектных решений по реконструкции или прокладке нового канализационного трубопровода необходимо знать расход при заданном уклоне.

При замене материала трубопровода очевидно, что шероховатость стеклопластиковой

трубы меньше, что влияет на расчетное значение расхода.

С уменьшением коэффициента шероховатости трубы с теми же гидравлическими характеристиками (одинаковое наполнение, гидравлический уклон) с 0,013 до 0,01 расход трубы уменьшился на $214 \frac{л}{с}$, то есть на 33,3% или в 1,5 раза.

При реконструкции данным методом сечение трубопровода незначительно уменьшается, но за счет меньшего коэффициента шероховатости материала (стеклопластик), компенсируется показатель пропускной способности трубопровода.

В будущем предлагается разработать таблицы для гидравлического расчета шатровых труб с указанием эквивалентных расходов и диаметров для труб круглого сечения.

Список литературы

1. Лукиных А. А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского / А. А. Лукиных, Н. А. Лукиных. –4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1974. – 156 с.
2. СП 399.1325800.2018. Свод правил. Системы водоснабжения и канализации наружные из полимерных материалов. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 90 с.
3. Константиновская Л. В. К вопросу о гидравлической совместимости ремонтных материалов в безнапорных трубопроводах при бестраншейной реновации / Л. В. Константиновская, М. М. Косухин // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. – 2017. – №1.
4. Серпокрылов Н. С. Определение коэффициентов шероховатости и Шези для расчета участков сетей водоотведения в условиях сокращения расходов сточных вод / Н. С. Серпокрылов, Т. М. Мкртчян // ИВД. – 2013. – № 4 (27).
5. Малышева А. А. Сравнение результатов расчета гидравлического уклона самотечных сетей водоотведения по классической и уточненной формуле А. Шези / А. А. Малышева, И. А. Абросимова, С. В. Пархоменко // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2021. – № 4 (39).
6. Сравнительная оценка величин потерь напора для обоснования выбора материала труб из разных полимерных материалов / О. А. Продоус, Л. Д. Терехов // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2018. – № 9 (129). – С. 38–42.
7. Алексеев М. И., Дмитриев В. Д., Мишуков Б. Г. Эксплуатация систем водоснабжения и канализации : учебное пособие. – Москва : Высшая школа, 1993. – 60 с.
8. Калицун В. И., Ласков Ю. М. Гидравлика, водоснабжение и канализация : учебное пособие. – Москва : Стройиздат, 2000. – 417 с.
9. Чупин Р. В. Оптимизация развивающихся систем водоотведения : монография. – Иркутск : Иркутский государственный технологический университет, 2015. – 418 с.
10. Мельник Е. А. Пути решения проблемы энергосбережения в системах водоснабжения и канализации Санкт-Петербурга / Е. А. Мельник, О. Н. Рублевская // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – № 12. – С. 45–51.
11. Яковлев С. В. Канализация : учебник / С. В. Яковлев, Я. А. Карелин, А. И. Жуков, С. К. Колобанов. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1975. – 632 с.
12. Николин Я. И. Графические методы расчета водоснабжения и канализации / Я. И. Николин // Известия ТПУ. – 1911. – №3.
13. Продоус О. А. Обоснование необходимости проведения гидродинамической очистки самотечных сетей водоотведения / О. А. Продоус, Д. И. Шлычков, И. А. Абросимова // Вестник МГСУ. – 2022. – № 1.
14. Калинин А. В. К вопросу о расчете минимальных напряжений трения в коллекторах водоотведения / А. В. Калинин // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. – 2012. – № 2.
15. Отставнов А. А. Применение формулы (14) СНиП 2.04.03-85 для гидравлических расчетов канализационных трубопроводов полимерных труб / А. А. Отставнов, В. А. Устюгов, К. Е. Хренов, В. А. Харьков // Сантехника. – 2008. – № 2. – С. 38–24.
16. Продоус О. А. Прогнозирование характеристик гидравлического потенциала изношенных сетей водоснабжения и водоотведения по коэффициенту эффективности их работы / О. А. Продоус, П. П. Якубчик, Д. И. Шлычков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 2 (44). – С. 29–33.
17. Боронина Л. В. Экологическая оценка эффективности очистки бытовых сточных вод на биологических сооружениях в естественных условиях / Л. В. Боронина, Г. Б. Абуова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2019. – № 4 (30). – С. 38–42.

© Д. И. Шлычков, А. Г. Челоненко

Ссылка для цитирования:

Шлычков Д. И., Челоненко А. Г. Особенности гидравлического расчета сетей канализации из шатровых труб // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2023. № 3 (45). С. 27–30.