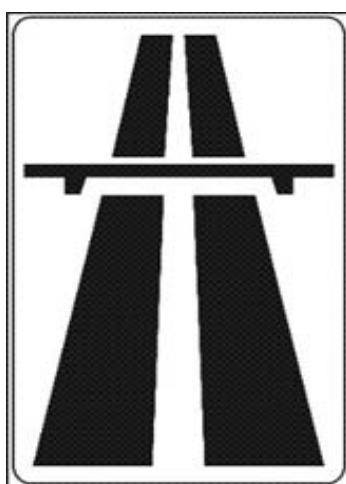


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильные дороги»

ГИДРАВЛИКА, ГИДРОЛОГИЯ И ГИДРОМЕТРИЯ ВОДОТОКОВ

*Методические рекомендации к практическим занятиям
для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги»
дневной и заочной форм обучения*



Могилев 2022

УДК 556
ББК 30.123
Г46

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Автомобильные дороги» «31» августа 2022 г.,
протокол № 1

Составитель канд. техн. наук, доц. В. Т. Парахневич

Рецензент канд. техн. наук, доц. О. В. Голушкова

Методические рекомендации предназначены для практических занятий студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» дневной и заочной форм обучения. Приведены условия задач по основным темам курса «Гидравлика, гидрология и гидрометрия водотоков». Вначале каждой темы кратко излагаются учебный материал и методика решения некоторых задач. Для проверки усвоения учебного материала по каждой теме приводятся контрольные вопросы.

Учебно-методическое издание

ГИДРАВЛИКА, ГИДРОЛОГИЯ И ГИДРОМЕТРИЯ ВОДОТОКОВ

Ответственный за выпуск	А. М. Броневицкий
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2022

Содержание

Введение	4
1 Практическая работа № 1. Расчет изменения объема жидкости при изменении температуры и давления	5
2 Практическая работа № 2. Определение гидростатического давления и силы на плоские поверхности	6
3 Практическая работа № 3. Гидравлический расчет простого короткого трубопровода	8
4 Практическая работа № 4. Расчет местных сопротивлений	11
5 Практическая работа № 5. Расчет потерь при ламинарном и при турбулентном режимах	13
6 Практическая работа № 6. Гидравлический расчет длинных и сложных трубопроводов	15
7 Практическая работа № 7. Расчет пропускной способности канала, его размеров и уклона	17
8 Практическая работа № 8. Расчет дебита грунтового колодца	19
Список литературы	21

Введение

В подготовке специалистов по проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог дисциплина «Гидравлика, гидрология и гидрометрия водотоков» занимает важное место. Она относится к специальным инженерным дисциплинам. Знания по сведениям данной дисциплины позволяют принимать обоснованные решения при проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог. Особенно важны сведения этого предмета на стадии проектирования. Положение дороги в плане, конструирование и расчет водоотводных и водопропускных сооружений, защита дороги от воздействия поверхностных вод и атмосферных осадков – далеко не полный перечень вопросов, которые невозможно решить без хороших знаний рассматриваемой дисциплины. Неверно принятые решения могут сократить сроки эксплуатации дороги в десятки раз.

Прикладной характер дисциплины «Гидравлика, гидрология и гидрометрия водотоков» требует для усвоения основных положений и законов решения конкретных задач, для этой цели будут особенно полезны конспект лекций и специальная литература (см. список рекомендуемой литературы). Значительное внимание при этом уделяется открытым потокам. Последовательность задач в методических рекомендациях соответствует последовательности изложения материала изучаемого курса. В методических рекомендациях задачи охватывают темы: «Свойства жидкостей. Гидростатика», «Гидравлика трубопроводов», «Открытые русла», «Движение грунтовых вод» и соответствуют объему практических занятий.

В начале каждой темы кратко излагается необходимый теоретический материал, приводятся некоторые справочные сведения.

Перед решением каждой конкретной задачи рекомендуется четко представлять тот физический процесс, которому посвящается данная задача, уяснить основные параметры, которые описывают этот процесс, и формулы, связывающие их, после чего из соответствующей формулы определить необходимый параметр на основании данных из условия задачи. Возможен вариант, когда данных из условия задачи недостаточно, тогда необходимо определить дополнительные сведения по другим формулам. При решении задач часто придется пользоваться некоторыми справочными данными. Их можно отыскать в рекомендованной литературе.

Перед каждым практическим занятием проводится выборочный контрольный опрос студентов по тематике предполагаемого занятия.

Результаты решения задач оформляются в рабочих тетрадях.

1 Практическая работа № 1. Расчет изменения объема жидкости при изменении температуры и давления

Цель работы: приобрести практические навыки расчета изменения объема жидкости при изменении давления и температуры.

1.1 Краткие теоретические сведения

С инженерной точки зрения основными физическими свойствами жидкости являются плотность, сжимаемость и температурное расширение.

Плотность (ρ) – это масса единицы объема жидкости. Для воды при нормальных условиях можно принять $\rho = 10^3$ кг/м³.

Под действием сжимающих усилий объем жидкости уменьшается. Это свойство характеризуется коэффициентом объемного сжатия β (Па⁻¹), поэтому в правой части формулы стоит знак « – ».

$$\beta = -\frac{\Delta V}{V \cdot \Delta p}, \quad (1.1)$$

где V – первоначальный объем жидкости, м³;

Δp – изменение давления (увеличение), Па;

ΔV – изменение объема (уменьшение), м³.

$\beta = \frac{1}{E}$, где E – модуль упругости. Для воды $E = 2 \cdot 10^9$ Па.

При повышении температуры объем жидкости увеличивается. Это свойство характеризуется коэффициентом температурного расширения β_t , град⁻¹.

$$\beta_t = \frac{\Delta V}{V \cdot \Delta t}, \quad (1.2)$$

где V – первоначальный объем жидкости, м³;

Δt – изменение температуры (увеличение), °С;

ΔV – изменение объема (уменьшение), м³.

Для воды $\beta_t = 1,5 \cdot 10^{-4}$ град⁻¹.

В практике дорожного строительства такие свойства, как сжимаемость и температурное расширение жидкости, ввиду их незначительных величин почти не учитываются [4].

1.2 Задачи

Задача 1. Трубопровод длиной $l = 200$ м и диаметром $d = 200$ мм испытывается на прочность. Давление было поднято до $p_1 = 0,2$ МПа. Какое количество воды утекло через неплотности, если давление упало до $p_2 = 0,18$ МПа, а температура поднялась на $\Delta t = 6$ °С?

Задача 2. Канистра объемом 20 л полностью заполнена бензином при температуре $t_1 = 12$ °С. Насколько возрастет давление в канистре, если она нагреется до $t_2 = 40$ °С? Коэффициент температурного расширения бензина принять равным $\beta_1 = 6 \cdot 10^{-4}$ град⁻¹, а модуль его упругости $E = 1300$ МПа.

Контрольные вопросы

- 1 Чему равна плотность воды при нормальных условиях?
- 2 От чего зависит коэффициент объемного сжатия жидкости?
- 3 Единицы измерения коэффициента объемного сжатия жидкости.
- 4 Физический смысл коэффициента объемного сжатия жидкости.
- 5 Физический смысл коэффициента температурного расширения жидкости.
- 6 Единицы измерения коэффициента температурного расширения жидкости.
- 7 От чего зависит коэффициента температурного расширения жидкости?

2 Практическая работа № 2. Определение гидростатического давления и силы на плоские поверхности

Цель работы: приобрести навыки расчета гидростатического давления и силы на плоские поверхности.

2.1 Краткие теоретические сведения

Основные задачи по гидростатике связаны с определением давления в некоторой точке покоящейся жидкости, силы гидростатического давления на плоские и криволинейные поверхности [4]. Величина гидростатического давления в некоторой точке покоящейся жидкости, согласно основному уравнению гидростатики, может быть определена как

$$p_2 = p_1 \pm \rho \cdot g \cdot h, \quad (2.1)$$

где p_2 – давление в искомой точке, Па;

p_1 – известное давление в некоторой точке, Па;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

h – расстояние по высоте между точкой, где определяется давление, и точкой, где давление известно, м;

g – ускорение силы тяжести, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Знак «плюс» берется тогда, когда точка, в которой определяется давление, расположена ниже точки, где давление известно, и наоборот, «минус», когда она расположена выше точки, где давление известно.

Сила гидростатического давления на плоскую поверхность равна произведению давления в центре тяжести поверхности на ее площадь:

$$P = p_{ц.м} \cdot S, \quad (2.2)$$

где P – сила гидростатического давления на плоскую поверхность, Н;

$p_{ц.м}$ – давление в центре тяжести поверхности, Па;

S – площадь поверхности, м².

2.2 Задачи

Задача 1. В канале прямоугольного сечения шириной $B = 2$ м и глубиной наполнения $H = 1$ м установлен плоский затвор (рисунок 1.2). Определить глубину установки оси затвора h , при которой затвор откроется. На какое усилие должна быть рассчитана ось затвора? Трением в оси затвора пренебречь.

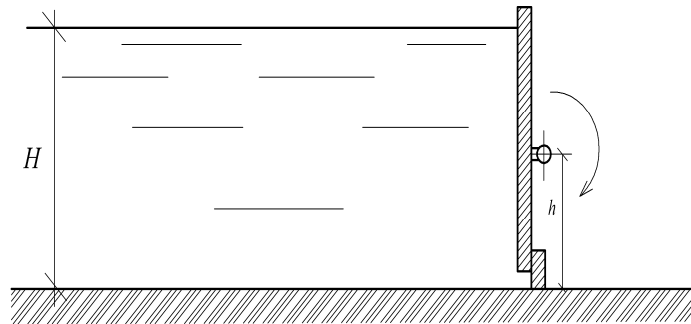


Рисунок 2.1 – Схема плоского затвора

Задача 2. Водопропускная труба квадратного сечения, сторона которого a ($a = 1$ м), перекрывается затвором, установленным под углом 60° к горизонту. Определить усилие T , необходимое для открытия затвора, если уровень воды перед трубой $H = 1$ м. Затвор шарнирно закреплен в верхней его точке (рисунок 2.2).

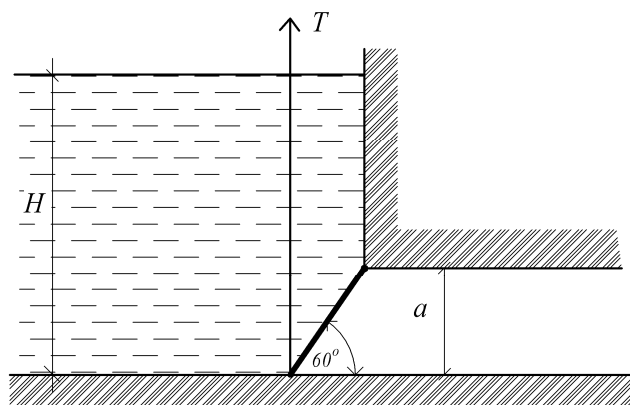


Рисунок 2.2 – Схема глубинного затвора

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение гидростатического давления.
- 2 Единицы измерения гидростатического давления.
- 3 От чего зависит гидростатическое давление?
- 4 Где расположена точка приложения силы гидростатического давления на плоскую поверхность?
- 5 Чему равно давление в 1 бар?

3 Практическая работа № 3. Гидравлический расчет простого короткого трубопровода

Цель работы: приобрести навыки расчета простых трубопроводов.

3.1 Краткие теоретические сведения

Гидравлический расчет трубопроводов основывается на применении уравнения Д. Бернулли, которое с физической точки зрения представляет закон сохранения энергии в движущейся жидкости:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + h_{1-2}, \quad (3.1)$$

где z_1 , z_2 – расстояние от выбранной плоскости сравнения (XOY) до центра тяжести соответственно первого и второго живых сечений потока (удельная потенциальная энергия положения), м;

p_1 , p_2 – давления соответственно в первом и втором сечениях потока (удельная потенциальная энергия давления), Па;

α_1, α_2 – коэффициенты Кориолиса для первого и второго сечений потока, $\alpha = 1,05 \dots 1,1$;

v_1, v_2 – соответственно средние скорости в первом и втором сечениях потока, м/с;

h_{1-2} – потери напора (удельной энергии) при движении потока с первого сечения во второе, м.

Потери напора представляют собой сумму местных потерь и потерь по длине (на трение). Местные потери напора можно определить по формуле

$$h_m = \zeta_m \frac{v^2}{2g}, \quad (3.2)$$

где ζ_m – коэффициент местного сопротивления (справочная величина – безразмерная).

Потери напора по длине можно рассчитать по формуле

$$h = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (3.3)$$

где l, d – длина и диаметр (гидравлический радиус) соответственно потока жидкости, м;

λ – коэффициент гидравлического трения (λ в общем случае зависит от шероховатости стенок русла и числа Рейнольдса – величина безразмерная).

Число Рейнольдса можно найти по формуле

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}, \quad (3.4)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости воды, м²/с [4].

3.2 Задачи

Задача 1. Определить расход воды в простом самотечном трубопроводе (рисунок 3.1), если диаметр трубопровода $d = 40$ мм, его длина $l = 42$ м, а перепад уровней в баке $H = 2$ м. Коэффициенты местных сопротивлений принять согласно таблице 3.1.

Задача 2. Бак объемом $V = 10$ м³ должен наполняться водой за время $\tau = 1$ ч по стальному трубопроводу длиной $l = 52$ м и диаметром $d = 50$ мм. Найти величину перепада уровней воды в баке и водонапорной башне H (рисунок 3.2), если температура воды $t = 15$ °С, а сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma \zeta_m = 12$. Изменением величины напора H при наполнении бака пренебречь.

Задача 3. Расход воды $Q = 2$ л/с из нижнего бака по стальному трубопроводу длиной $l = 30$ м, диаметром $d = 50$ мм подается на высоту $H = 9$ м (рисунок 3.3). Определить давление p на поверхности воды в баке, если ее температура $t = 18$ °С, а суммарный коэффициент местных сопротивлений $\Sigma\zeta_m = 8,0$.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое трубопровод?
- 2 Дайте определение короткого трубопровода.
- 3 Классификация трубопроводов.
- 4 Что учитывает коэффициент Кориолиса?
- 5 Физический смысл уравнения Д. Бернулли.

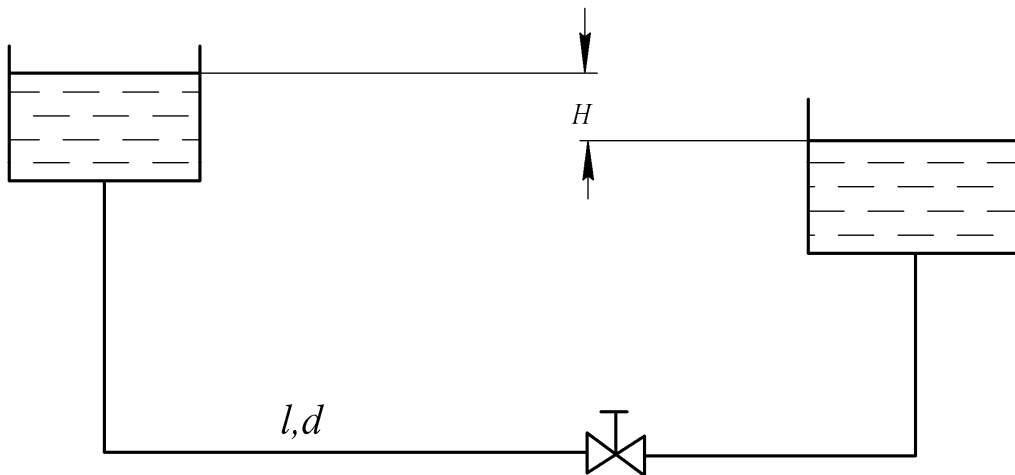


Рисунок 3.1 – Схема простого водопровода

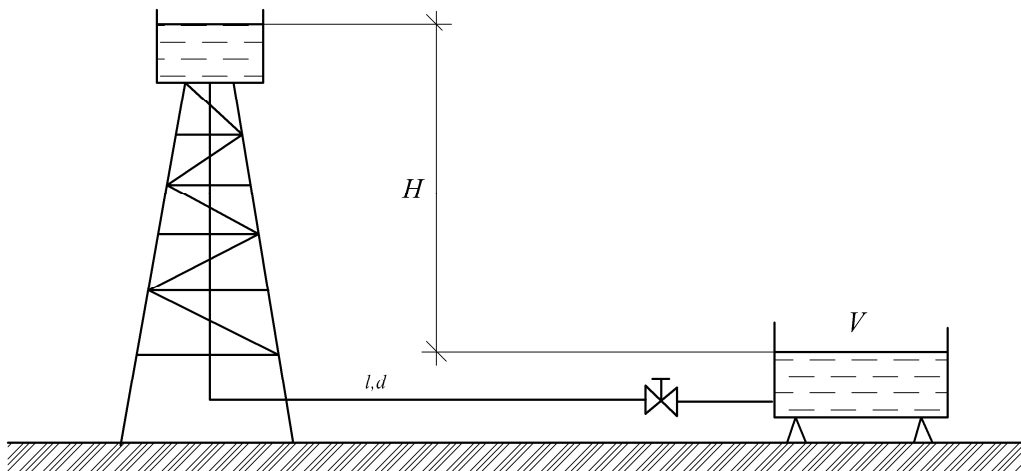


Рисунок 3.2 – Схема водопровода

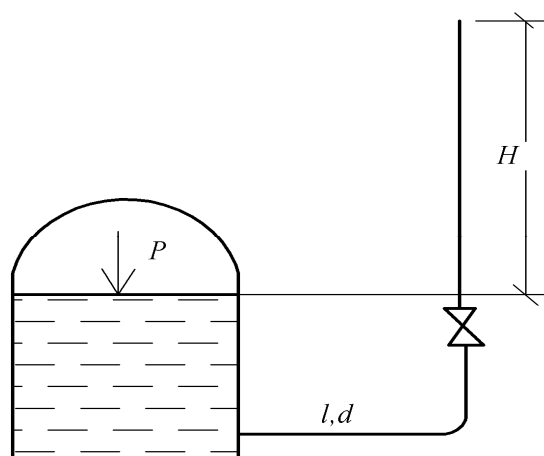


Рисунок 3.3 – Схема водопровода

Таблица 3.1 – Значения некоторых коэффициентов местных сопротивлений

Вид местного сопротивления	ζ_m
Вход в трубу при острых кромках	0,5
Вход в трубу со скругленными кромками	0,05...0,2
Вход в трубу, снабженный сеткой и клапаном	5 ... 10
Внезапное сужение трубы	$0,5(1 - d_1^2 / d_2^2)$
Переходной расширяющийся конус $d_2 = 2 d_1$	5
Переходной сужающийся конус $d_2 = 0,5 d_1$	0,1
Выход из трубы под уровень	1,0
Резкий поворот (колесо) на 90 градусов	1,1
Плавный поворот трубы (отвод) на 90 градусов	0,15
Задвижка при полном открытии	0,15
Дисковый затвор при полном открытии	0,1
Вентиль с прямым затвором при полном открытии	5
Предохранительные и обратные клапаны (без учета усилия пружины)	2...3
Тройники с соединением и разделением потоков под разными углами	0,05...3,0

4 Практическая работа № 4. Расчет местных сопротивлений

Цель работы: приобрести навыки расчета потерь напора в местных сопротивлениях.

4.1 Краткие теоретические сведения

Местные сопротивления представляют собой конструкцию в виде водопроводной арматуры (вентили, задвижки, расширения, сужения, повороты, диафрагмы и др.). Поток, проходя через местное сопротивление,

ние, деформируется. На эту деформацию тратится определенное количество энергии.

В практической работе № 3 была приведена основная формула (3.2) для расчета местных сопротивлений. Коэффициент местного сопротивления ζ_m зависит от вида местного сопротивления и числа Рейнольдса. Для квадратичной зоны сопротивления, когда $Re > 500 \frac{d}{\Delta}$, этот коэффициент можно определить по таблице 3.1. Δ – средняя шероховатость внутренних стенок трубопровода, мм.

При гидравлических расчетах местные сопротивления могут заменяться эквивалентной длиной трубопровода (длина прямого участка трубопровода, потери напора в котором равны потерям на данном местном сопротивлении). Эквивалентная длина определяется по формуле

$$l_э = \frac{\zeta}{\lambda} \cdot d, \quad (4.1)$$

где ζ – коэффициент местного сопротивления, величина безразмерная;

λ – коэффициент гидравлического трения трубопровода, величина безразмерная;

d – диаметр трубопровода, м [4].

4.2 Задачи

Задача 1. Определить коэффициент местного сопротивления в трубопроводе диаметром $d = 50$ мм при расходе $Q = 4$ л/с, если потери напора на местном сопротивлении $h_m = 1,2$ м.

Задача 2. Определить эквивалентную длину местного сопротивления, если его коэффициент $\zeta_m = 4,0$. Движение потока в трубе происходит в квадратичной зоне сопротивления. Диаметр трубы $d = 50$ мм, шероховатость внутренних стенок трубы $\Delta = 0,5$ мм.

Задача 3. Определить величину расхода воды в трубопроводе диаметром $d = 50$ мм, если коэффициент местного сопротивления крана $\zeta_m = 5$, а потери напора в нем $h = 0,8$ м.

Задача 4. Определить величину расхода Q , если соотношение диаметров $d_1 = 2 d_2$ (рисунок 4.1). Показание дифференциального ртутного манометра $h = 15$ мм.

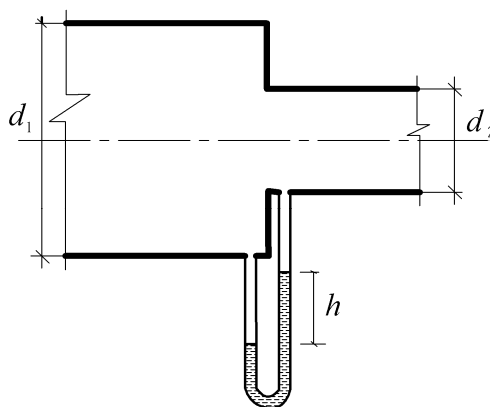


Рисунок 4.1 – Схема дифференциального манометра

Контрольные вопросы

- 1 От чего зависит коэффициент местного сопротивления ζ_m ?
- 2 Физический смысл коэффициента местного сопротивления.
- 3 Что такое эквивалентная длина трубопровода?
- 4 Какая энергия теряется на местном сопротивлении?
- 5 Единицы измерения коэффициента местного сопротивления.

5 Практическая работа № 5. Расчет потерь напора при ламинарном и при турбулентном режимах

Цель работы: приобрести практические навыки расчета потерь напора при различных режимах течения жидкости.

5.1 Краткие теоретические сведения

Потери напора при различных режимах движения жидкости определяются по формуле Дарси – Вейсбаха

$$h = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}, \quad (5.1)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения трубопровода, величина безразмерная;

l, d – соответственно длина и диаметр трубопровода, м;

v – средняя скорость потока в трубопроводе, м/с;

g – ускорение силы тяжести, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Для ламинарного режима движения жидкости, когда $Re \leq 2320$, коэффициент гидравлического трения определяется по формуле

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \quad (5.2)$$

где число Рейнольдса Re можно определить по формуле (3.4).

При турбулентном режиме движения жидкости коэффициент гидравлического трения определяется по следующим формулам [4]:

– при $4000 < Re < 20 \frac{d}{\Delta}$ зона гидравлически гладких труб

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}; \quad (5.3)$$

– при $20 \frac{d}{\Delta} < Re < 500 \frac{d}{\Delta}$ докватричная зона сопротивления

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}; \quad (5.4)$$

– при $500 \frac{d}{\Delta} < Re < \infty$ квадратичная зона сопротивления

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d} \right)^{0,25}. \quad (5.5)$$

5.2 Задачи

Задача 1. Определить потери напора в стальном трубопроводе диаметром $d = 32$ мм и длиной $l = 250$ м при пропуске расхода $Q = 3$ л/с (шероховатость внутренних стенок трубопровода принять $\Delta = 0,5$ мм, коэффициент кинематической вязкости воды $\nu = 10^{-6}$ м²/с).

Задача 2. Для пропуска воды $t = 15$ °С под автомобильной дорогой устроен водовод (рисунок 5.1). Определить величину расхода воды Q , если перепад уровней воды в реке и водоотводном канале $H = 1$ м. Сумму коэффициентов местных сопротивлений принять $\Sigma \zeta_m = 4$.

Задача 3. Определить минимальный диаметр трубопровода для пропуска воды ($t = 15$ °С) расходом $Q = 1$ л/с при ламинарном режиме движения.

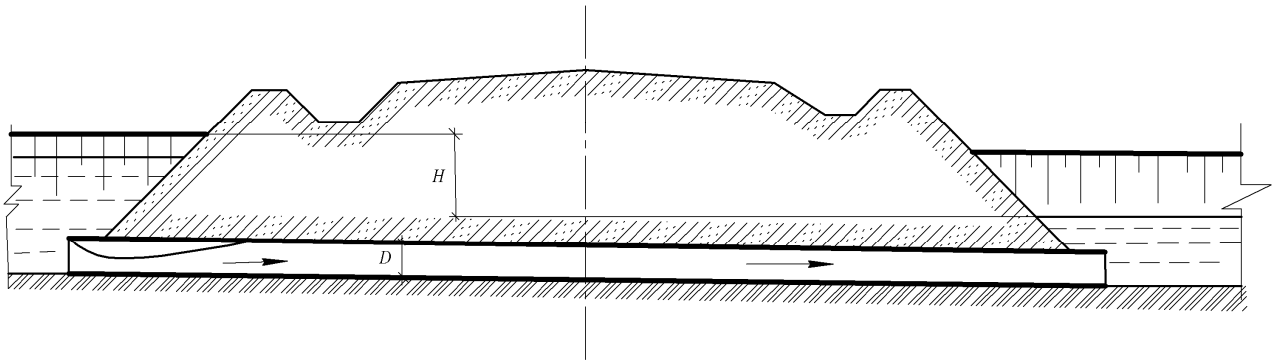


Рисунок 5.1 – Схема водовода

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости.
- 2 Как переводятся на русский язык слова ламинарный и турбулентный?
- 3 Чем отличается ламинарный режим движения от турбулентного?
- 4 От чего зависит коэффициент гидравлического трения при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости?
- 5 Сколько зон в графике Никурадзе?

6 Практическая работа № 6. Гидравлический расчет длинных и сложных трубопроводов

Цель работы: приобрести навыки расчетов длинных и сложных трубопроводов.

6.1 Краткие теоретические сведения

Длинным считается такой трубопровод, у которого местные сопротивления малы в сравнении с потерями по длине. Ими можно пренебречь. Расчет таких трубопроводов проводится по водопроводной формуле

$$Q = K\sqrt{i}, \quad (6.1)$$

где K – расходная характеристика, единицы измерения, как и у расхода Q , м³/с ;
 i – гидравлический уклон, $i = \frac{H}{l}$, величина безразмерная.

$$K = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot g \cdot d^5}{8 \cdot \lambda}}, \quad (6.2)$$

где g – ускорение силы тяжести, $g = 9,81$ м/с²;

d – диаметр трубопровода, м

λ – коэффициент гидравлического трения, величина безразмерная.

Для облегчения решения задач для K в зависимости от диаметра составлены таблицы (квадратичная область сопротивления) [5].

Величина расхода для длинного трубопровода, состоящего из n последовательно соединенных труб, каждая из которых имеет длину l и диаметр d , определяется согласно зависимости

$$Q = \sqrt{\frac{H}{\frac{l_1}{K_1^2} + \frac{l_2}{K_2^2} + \dots + \frac{l_n}{K_n^2}}}, \quad (6.3)$$

где K – расходные характеристики для каждого из трубопроводов, м³/с.

Сложные трубопроводы (в частности параллельные) рассчитываются на определение величины расхода в ветвях [4]. В параллельных ветвях трубопровода расходы распределяются согласно зависимости

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\lambda_2 \cdot l_2 \cdot d_1^5}{\lambda_1 \cdot l_1 \cdot d_2^5}, \quad (6.4)$$

где Q_1, Q_2 – расходы в параллельных ветвях, м³/с;

l, d – длины и диаметры трубопроводов, м;

λ – коэффициент гидравлического трения, величина безразмерная.

6.2 Задачи

Задача 1. Рассчитать длинный трубопровод, состоящий из стальных труб различного диаметра (рисунок 6.1) $d_1 = 100$ мм, $d_2 = 75$ мм; $d_3 = 50$ мм и длиной $l_1 = 120$ м, $l_2 = 60$ м, $l_3 = 80$ м соответственно. Напор в начале трубопровода $H = 11$ м. Определить величину расхода Q . Принять $K_1 = 52,4$ л/с, $K_2 = 24,2$ л/с, $K_3 = 8,1$ л/с [5].

Задача 2. Определить потери напора на параллельном соединении стальных трубопроводов, если их длины $l_1 = 2 l_2$, а диаметры $d_1 = d_2 = 40$ мм. На второй линии трубопровода установлен вентиль $\zeta_v = 4$. Суммарный расход до разветвления $Q = 5$ л/с (рисунок 6.2).

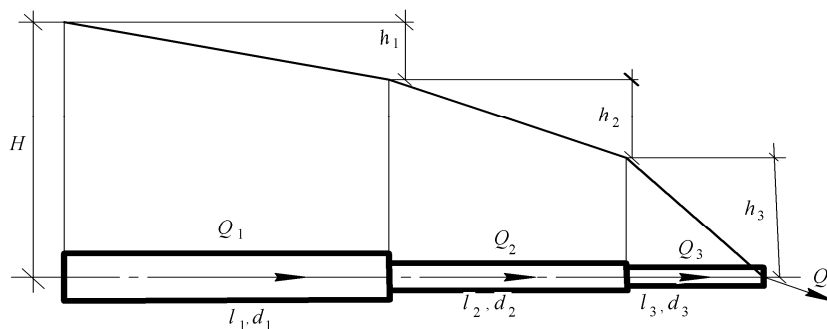


Рисунок 6.1 – Схема длинного трубопровода

Задача 3. Определить потери напора на параллельном участке трубопровода, суммарный расход на котором $Q = 6$ л/с. Длины параллельных ветвей и диаметры соответственно $l_1 = 50$ м и $l_2 = 60$ м, $d_1 = 40$ мм и $d_2 = 50$ мм. Коэффициент местного сопротивления крана $\zeta_k = 5$ (рисунок 6.2).

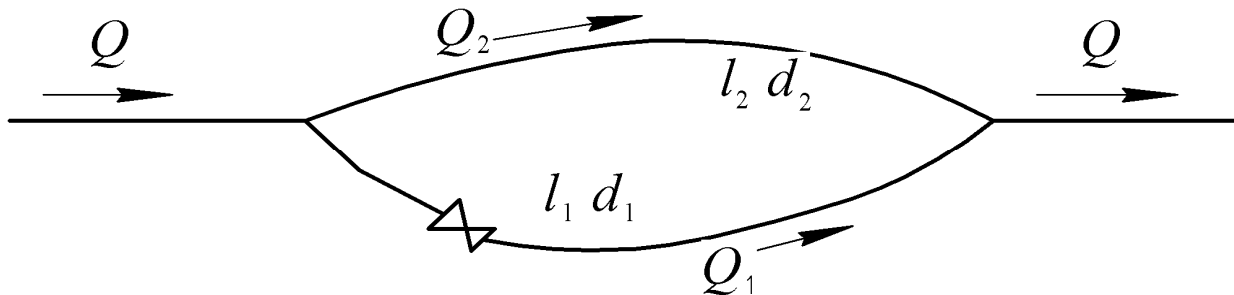


Рисунок 6.2 – Схема сложного трубопровода

Задача 4. Определить распределение расходов в параллельных ветвях стального трубопровода, если величина расхода до разветвления $Q = 4$ л/с. Длины и диаметры трубопроводов соответственно $l_1 = 40$ м и $l_2 = 60$ м, $d_1 = 40$ мм и $d_2 = 32$ мм. Коэффициент местного сопротивления крана $\zeta_k = 5$ (рисунок 6.2).

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение длинного трубопровода.
- 2 Что такое сложный трубопровод?
- 3 Единицы измерения расходной характеристики.
- 4 Что такое гидравлический уклон?
- 5 Запишите водопроводную формулу.

7 Практическая работа № 7. Расчет пропускной способности канала, его размеров и уклона

Цель работы: приобрести практические навыки гидравлического расчета каналов.

7.1 Краткие теоретические сведения

Большинство задач при равномерном движении воды в открытых руслах решаются на основании уравнения Шези [4]

$$Q = \omega \cdot C \sqrt{R \cdot i}, \quad (7.1)$$

где Q – расход воды в русле (канале), м³/с;
 ω – площадь живого сечения, м²;
 C – коэффициент Шези, м^{0,5}/с;
 R – гидравлический радиус живого сечения, м;
 i – уклон русла (канала), величина безразмерная.

Площадь живого сечения потока в трапецеидальном русле определяется как

$$\omega = (b + m \cdot h)h, \quad (7.2)$$

где b – ширина канала по дну, м;
 m – коэффициент заложения откосов канала, величина безразмерная;
 h – глубина наполнения канала, м.

Коэффициент Шези можно определить по формуле Маннинга

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}, \quad (7.3)$$

где n – коэффициент шероховатости русла (справочная величина), величина безразмерная.

Гидравлический радиус русла

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \quad (7.4)$$

где χ – смоченный периметр живого сечения канала, м.

Для трапецеидального русла его величина

$$\chi = b + 2h\sqrt{m^2 + 1}. \quad (7.5)$$

7.2 Задачи

Задача 1. Определить уклон трапецеидального канала шириной по дну $b = 2$ м и глубиной наполнения $h = 1$ м для пропуска расхода $Q = 2$ м³/с. Коэффициент шероховатости принять $n = 0,025$. Канал устраивается в плотных супесчаных грунтах. Проверить канал на устойчивость.

Задача 2. Определить величину расхода воды Q в трапецеидальном канале шириной по дну $b = 1,0$ м, глубиной наполнения $h = 1$ м и уклоном дна $i = 0,1$ ‰. Коэффициент заложения откосов принять $m = 1,5$, коэффициент шероховатости стенок канала $n = 0,025$.

Задача 3. Найти ширину по дну (b) трапецеидального канала для пропуска расхода $Q = 2 \text{ м}^3/\text{с}$ при глубине наполнения $h = 0,8 \text{ м}$ и уклоне дна $i = 0,001$. Коэффициент заложения откосов принять равным $m = 1,5$, коэффициент шероховатости стенок канала $n = 0,025$.

Задача 4. Найти глубину наполнения канала h трапецеидального сечения для пропуска расхода $Q = 4 \text{ м}^3/\text{с}$, если уклон дна $i = 0,0014$, а ширина по дну $b = 1 \text{ м}$. Коэффициент заложения откосов канала принять $m = 1,5$, коэффициент шероховатости стенок $n = 0,025$.

Задача 5. Определить гидравлический радиус живого сечения трапецеидального канала, если ширина канала по дну $b = 1 \text{ м}$, глубина наполнения $h = 1 \text{ м}$, коэффициент заложения откосов $m = 2$.

Задача 6. Определить коэффициент Шези для канала трапецеидального сечения, если ширина канала по дну $b = 1 \text{ м}$, глубина наполнения $h = 1 \text{ м}$, коэффициент заложения откосов $m = 2$, коэффициент шероховатости русла $n = 0,025$.

Контрольные вопросы

- 1 От чего зависит коэффициент заложения откосов?
- 2 Что такое гидравлически наивыгоднейшее сечение канала?
- 3 Запишите формулу для определения площади живого сечения треугольного канала.
- 4 Единицы измерения коэффициента Шези.
- 5 Запишите формулу для определения средней скорости воды в канале.

8 Практическая работа № 8. Расчет дебита грунтового колодца

Цель работы: приобрести практические навыки гидравлического расчета грунтовых колодцев.

8.1 Краткие теоретические сведения

Основной закон фильтрации имеет выражение

$$v = k \cdot i, \quad (8.1)$$

где v – скорость фильтрации, м/с;

k – коэффициент фильтрации грунта, м/с;

i – гидравлический уклон грунтового потока, величина безразмерная.

Расход притока грунтовых вод к совершенным колодцам (дебит колодца) может быть определен с помощью зависимости [4]

$$Q = \frac{1,36 \cdot k (H^2 - h^2)}{\lg \frac{R}{r}}, \quad (8.2)$$

где H – мощность водоносного слоя, м;

h – глубина воды в колодце, м ;

R – радиус действия колодца, м;

r – радиус колодца, м.

Для поглощающих колодцев формула по определению величины поглощающего расхода имеет аналогичный вид (8.2):

$$Q = 1,36 \frac{k (h^2 - H^2)}{\lg \frac{R}{r}}. \quad (8.3)$$

8.2 Задачи

Задача 1. Определить приток воды (дебит Q) к совершенному грунтовому колодцу, если мощность водоносного слоя $H = 8$ м, а глубина воды в колодце $h = 1$ м. Радиус колодца $r = 0,5$ м. Грунт – мелкий песок (рисунок 8.1).

Задача 2. Определить глубину воды h в колодце при заборе из него расхода $Q = 3$ л/с. Мощность водоносного слоя $H = 20$ м, радиус колодца $r = 0,4$ м, а радиус его действия $R = 600$ м. Коэффициент фильтрации грунта принять $k = 4 \cdot 10^{-3}$ см/с (рисунок 8.1).

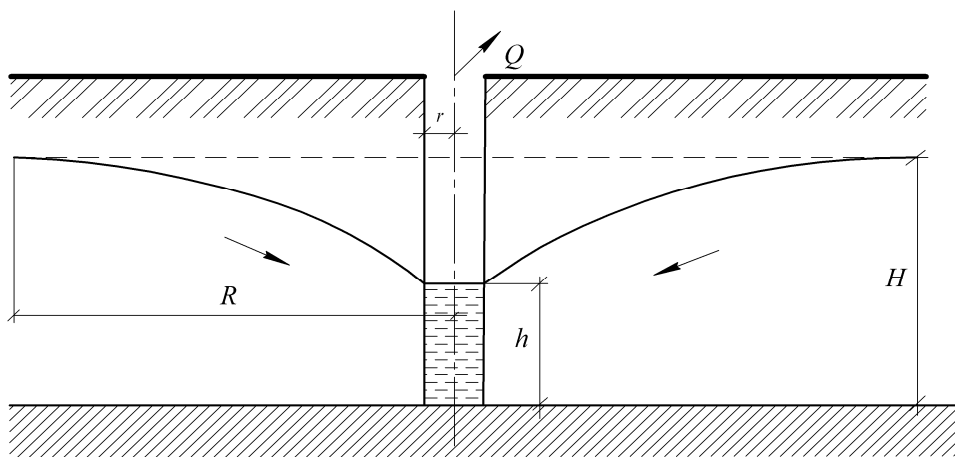


Рисунок 8.1 – Схема грунтового колодца

Задача 3. Определить поглощающую способность грунтового колодца Q , если глубина воды в колодце $h = 20$ м, мощность водоносного слоя $H = 15$ м. Радиус колодца $r = 0,3$ м, радиус его действия $R = 400$ м. Коэффициент фильтрации принять $k = 3 \cdot 10^{-3}$ см/с (рисунок 8.2).

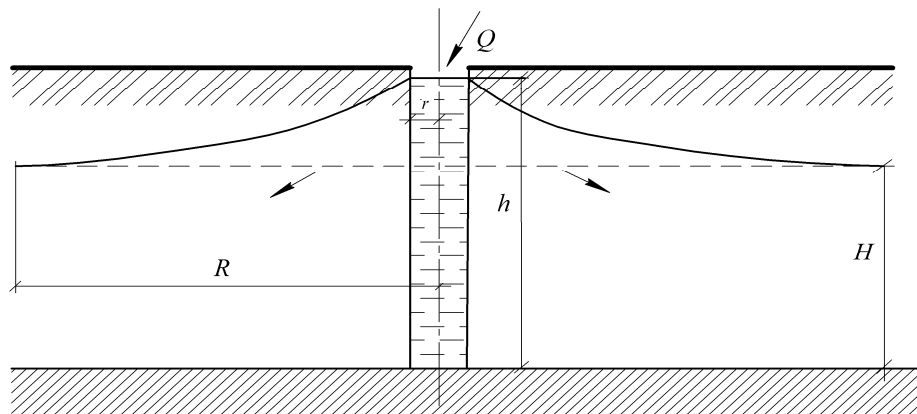


Рисунок 8.2 – Схема поглощающего колодца

Контрольные вопросы

- 1 От чего зависит коэффициент фильтрации?
- 2 Что такое радиус действия грунтового колодца?
- 3 Единицы измерения коэффициента фильтрации.
- 4 Способы определения коэффициента фильтрации.
- 5 Физический смысл коэффициента фильтрации.

Список литературы

- 1 Гидравлика, гидрология, гидрометрия / А. А. Волчек [и др.]; под ред. А. А. Волчек. – Минск: РИВШ, 2020. – 304 с.
- 2 Железняков, Г. В. Гидравлика и гидрология / Г. В. Железняков. – Москва: Транспорт, 1989. – 321 с.
- 3 Константинов, Н. М. Гидравлика, гидрология, гидрометрия: в 2 ч. / Н. М. Константинов, Н. А. Петров, Л. И. Высоцкий. – Москва: Высшая школа 1987. – Ч. 2. – 380 с.
- 4 Парахневич, В. Т. Гидравлика, гидрология, гидрометрия водотоков / В. Т. Парахневич. – Минск: Новое знание; Москва: Интра, 2016. – 368 с.