

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

П.Д. Викулин, В.Б. Викулина

ГИДРАВЛИКА СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ
по образованию в области строительства
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по программе бакалавриата
по направлению 270800 «Строительство»
(профиль «Водоснабжение и водоотведение»)
(03.07.2013 г., №102-15/788)*

2-е издание

Москва 2015

УДК 628.2+532.5

ББК 39.71-022

В43

Рецензенты:

доктор технических наук, академик РАЕН *Л.С. Скворцов*,
председатель регионального отделения «Проблемы внедрения
современных технологий» Российской академии естественных наук;
доктор технических наук, профессор *О.Г. Примин*, заместитель
генерального директора ОАО «МосводоканалНИИпроект»;
доктор технических наук, профессор *В.И. Баженов*,
исполнительный директор ЗАО «Водоснабжение и водоотведение»

Викулин, П.Д.

В43

Гидравлика систем водоснабжения и водоотведения : учебник /
П.Д. Викулин, В.Б. Викулина ; М-во образования и науки Рос. Феде-
рации, Моск. гос. строит. ун-т. 2-е изд. Москва : МГСУ, 2015. 248 с.
ISBN 978-5-7264-0986-3

Изложены основные вопросы гидравлики систем водоснабжения и водоотведения. Приведены физические свойства жидкости, основы кинематики и динамики, гидравлические сопротивления. Рассмотрено движение жидкости по трубопроводам в системах водоснабжения и водоотведения. Описано обтекание потоком жидкости твердых тел. Детализированы механизмы перемешивания затопленных струй с окружающей средой и смешения сточных вод с водой водоемов. Приведены основные элементы гидравлических машин. В каждом разделе есть примеры гидравлических расчетов.

Для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению 270800 «Строительство», по профилю «Водоснабжение и водоотведение», очной и очно-заочной форм обучения.

УДК 628.2+532.5

ББК 39.71-022

ISBN 978-5-7264-0986-3

© ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Раздел 1. ГИДРОСТАТИКА	5
Глава 1. Основные физические свойства жидкости	5
1.1. Капельные и газообразные жидкости	5
1.1.1. Невязкая жидкость	6
1.1.2. Аномальные жидкости	6
1.2. Плотность и удельный вес жидкости	7
1.3. Вязкость жидкости	8
1.4. Единицы измерений основных физических показателей жидкости	11
1.5. Примеры	16
Вопросы для самопроверки	17
Глава 2. Равновесие жидкости	17
2.1. Гидростатическое давление и его свойства	17
2.1.1. Понятие о гидростатике	17
2.1.2. Дифференциальные уравнения равновесия жидкостей (уравнения Эйлера)	20
2.1.3. Основное уравнение гидростатики в дифференциальной форме	22
2.1.4. Поверхности равного давления	22
2.1.5. Основное уравнение гидростатики в интегральной форме	25
2.2. Приборы для измерения давления воды	29
2.3. Закон Паскаля. Гидромеханизмы	32
2.4. Сила давления жидкости на плоскую стенку	33
2.5. Центр давления	35
2.6. Закон Архимеда	38
2.7. Условия равновесия плавающих тел	39
2.8. Схема затворов и регуляторов гидравлического действия	43
2.9. Примеры	45
Вопросы для самопроверки	48
Раздел 2. ГИДРОДИНАМИКА	50
Глава 3. Основы кинематики и динамики жидкости	50
3.1. Понятие о гидродинамике	50
3.2. Основы кинематики движения жидкости. Основные понятия и виды движения жидкости	51
3.3. Гидравлические элементы потока	56
3.3.1. Основные понятия элементов потока	56
3.3.2. Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости	57

3.3.3. Дифференциальные уравнения неразрывности для идеальной жидкости	59
3.4. Уравнение Бернулли	60
3.4.1. Вывод уравнения Бернулли	60
3.4.2. Уравнение Бернулли для потока	64
3.4.3. Уравнение Бернулли в гидравлических расчетах	66
3.5. Примеры	69
Вопросы для самопроверки	72
Глава 4. Гидравлические сопротивления и потери напора при движении жидкости	73
4.1. Понятие о гидравлических сопротивлениях и потерях напора	73
4.2. Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости	74
4.2.1. Понятия о ламинарном и турбулентном движениях	74
4.2.2. Критерий Рейнольдса и его критическое значение	76
4.2.3. Распределение скоростей потока в трубе при ламинарном режиме	77
4.2.4. Определение расхода при ламинарном течении жидкости в трубе	79
4.2.5. Потери напора в трубе при ламинарном режиме	81
4.2.6. Распределение скоростей потока в трубе при турбулентном режиме	82
4.2.7. Потери напора при турбулентном режиме движения жидкости в трубах	84
4.3. Местные сопротивления	87
4.3.1. Понятие о местных сопротивлениях в трубопроводах	87
4.3.2. Экспериментальное определение коэффициентов местных сопротивлений и коэффициента Дарси	91
4.3.3. Определение общих потерь напора при движении жидкости	92
4.4. Примеры	93
Вопросы для самопроверки	95
Раздел 3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ	96
Глава 5. Цели и задачи систем водоснабжения	96
5.1. Основные понятия системы водоснабжения	96
5.2. Трассирование сетей водоснабжения	97
5.3. Движение жидкости в напорных трубопроводах	98
5.4. Основы расчета трубопроводов	99
5.4.1. Принципы расчета напорных трубопроводов	99
5.4.2. Расчет последовательно соединенных трубопроводов	105
5.4.3. Расчет параллельно соединенных трубопроводов	106
5.4.4. Расчет разветвленного и кольцевого трубопроводов	107

5.5. Зависимость гидравлического расчета от материалов трубопроводов	110
5.6. Примеры	118
Вопросы для самопроверки	119
Глава 6. Неустановившееся движение в напорных трубопроводах	120
6.1. Общие сведения о неустановившемся режиме движения жидкости в трубопроводах	120
6.2. Истечение жидкости при переменном напоре	122
6.3. Гидравлический удар	126
6.3.1. Этапы развития гидравлического удара	126
6.3.2. Определение ударного давления и скорости распространения ударной волны	130
6.3.3. Способы гашения и примеры использования гидравлического удара	131
6.4. Примеры	133
Вопросы для самопроверки	134
Раздел 4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ	135
Глава 7. Системы водоотведения	135
7.1. Основные понятия и общие представления о системе водоотведения	135
7.1.1. Понятие о схемах водоотведения	135
7.1.2. Условия равномерного движения жидкости в открытых каналах	137
7.1.3. Основные расчетные формулы	139
7.1.4. Гидравлические характеристики канала	144
7.1.5. Гидравлически наивыгоднейшее сечение канала	145
7.1.6. Допустимые скорости в каналах	147
7.2. Основные типы задач при расчете каналов	148
7.3. Гидравлический расчет каналов замкнутого сечения	150
7.4. Особенности гидравлического расчета русел рек	153
7.5. Общие сведения о наносах в трубопроводах	154
7.6. Примеры	158
Вопросы для самопроверки	163
Раздел 5. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ	164
Глава 8. Гидравлика процессов механической очистки воды	164
8.1. Динамическое воздействие потока на элементы сооружений	164
8.1.1. Основные виды динамического воздействия потока	164
8.1.2. Взаимодействие струи жидкости с ограждающей поверхностью	165

8.1.3. Расчет давления на повороте потока (трубопровода)	170
8.2. Местные сопротивления в открытых руслах. Виды сопротивлений	174
8.3. Решетки	175
8.4. Водосливы	176
8.5. Водомерные лотки.	178
8.6. Фильтрация	180
8.6.1. Коэффициент фильтрации	182
8.6.2. Ламинарная и турбулентная фильтрации	183
8.7. Взаимодействие потока и твердого тела	184
8.7.1. Определение мощности воздействия струи потока на преграду	184
8.7.2. Сопротивление тел в жидкости	184
8.7.3. Обтекание шара. Гидравлическая крупность	186
8.8. Примеры.	188
Вопросы для самопроверки.	188
Глава 9. Смешение водных масс с водой водоемов	189
9.1. Разбавление водных масс водой водоемов	189
9.2. Перенос вещества в потоке	196
9.3. Определение коэффициента турбулентной диффузии для зоны смешения водных масс	201
9.4. Самоочищение воды в водоеме	202
9.5. Сброс сточных вод в непроточные водоемы	205
9.6. Примеры.	207
Вопросы для самопроверки.	210
Раздел 6. ПРИНУДИТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ВОДЫ	211
Глава 10. Гидромашины.	211
10.1. Общие сведения о гидравлических машинах.	211
10.2. Движение жидкости в рабочем колесе насоса	218
10.3. Теоретический напор и подача насоса	219
10.4. Высота всасывания и кавитация	225
10.5. Работа центробежных насосов на сеть	229
10.6. Регулирование подачи центробежных насосов	238
10.7. Основные правила эксплуатации центробежных насосов	240
10.8. Примеры.	241
Вопросы для самопроверки.	242
Библиографический список	243