

УДК 629.064.3(075)+556(075)  
ББК 30.123я+26.22я73  
Г68

Авторы:

**Волчек** Александр Александрович, профессор, д.т.н.,  
**Шведовский** Петр Владимирович, профессор, к.т.н.,  
**Волчек** Анастасия Александровна, доцент, к.т.н.,  
**Шешко** Николай Николаевич, доцент, к.т.н.

Рецензенты:

*В. С. Северянин*, профессор, д.т.н.  
*В. Е. Левкевич*, профессор, д.т.н.

**Гидравлика**, гидрология, гидрометрия : учебное  
Г68 пособие для вузов: В 2 ч. Ч. I. Общие законы / Под общей  
ред. А. А. Волчека. — Москва ; Берлин : Директ-Медиа,  
2019. — 366 с.

ISBN 978-5-4499-1293-0

В первой части излагаются общие законы гидравлики, вопросы гидравлики открытых русл и расчеты гидравлических характеристик. Представлены вопросы общие гидрологии, круговорот воды в природе, водные ресурсы, факторы формирующие поверхностные воды и гидрологии водотоков, водный баланс, характеристики речного стока. Приведены основные сведения по гидрометрии, даны методы и способы определения уровней воды, скоростей течения и расходов воды и наносов. Описаны приборы и оборудование необходимое для проведения гидрометрических изысканий.

Пособие предназначено для студентов высших учебных заведений по специальности «Автомобильные дороги». Кроме того, пособие представляет определенный интерес для специалистов в области транспортного и водохозяйственного строительства, гидромелиорации, экологии. Может служить пособием для преподавателей вузов, аспирантов, магистрантов и студентов специальностей строительства автомобильных дорог, водохозяйственных объектов, а также специальностей, связанных с природопользованием и природообустройством.

УДК 629.064.3(075)+556(075)  
ББК 30.123я+26.22я73

ISBN 978-5-4499-1293-0

© Коллектив авторов., текст, 2019  
© Издательство «Директ-Медиа», оформление, 2019

## Оглавление

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ .....	9
ПРЕДИСЛОВИЕ .....	10
ВВЕДЕНИЕ .....	12
1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ГИДРАВЛИКИ .....	17
1.1 Гидростатика .....	25
1.1.1 Напряженное состояние частицы жидкости .....	25
1.1.2 Гидростатическое давление .....	27
1.1.3 Основное уравнение гидростатики .....	30
1.1.4 Давление жидкости на плоские поверхности. Центр давления.....	33
1.1.5 Давление жидкости на криволинейные поверхности .....	37
1.1.6 Плавучесть тел .....	41
1.2 Основные понятия кинематики и динамики жидкости ..	44
1.2.1 Методы изучения движения жидкости.....	44
1.2.2 Линия и трубка тока, элементарная струйка.....	47
1.2.3 Поток и его элементы.....	50
1.2.4 Дифференциальные уравнения Эйлера движения невязкой жидкости .....	54
1.2.5 Дифференциальное уравнение неразрывности .....	61
1.2.6 Уравнение Бернулли для элементарной струйки .....	63
1.2.7 Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости ...	68
1.2.8 Теорема изменения количества движения для потока жидкости .....	72
1.3 Потери энергии при движении жидкости .....	76

1.3.1	Виды гидравлических сопротивлений.....	76
1.3.2	Основное уравнение установившегося равномерного движения жидкости.....	77
1.3.3	Потери напора по длине при равномерном установившемся движении жидкости.....	80
1.3.4	Режимы движения жидкости.....	84
1.3.5	Касательные напряжения в турбулентном потоке.....	89
1.3.6	Распределение скоростей в турбулентном потоке. Гидравлически гладкие и шероховатые трубы.....	95
1.3.7	График Никурадзе. Формулы коэффициентов Дарси и Шези.....	99
1.3.8	Местные потери энергии .....	103
2.	ГИДРАВЛИКА ОТКРЫТЫХ ПОТОКОВ.....	107
2.1	Типы открытых русл и виды движения жидкости.....	107
2.2	Удельная энергия сечения. Критическая глубина. Спокойное, бурное и критическое состояние потока в открытом русле .....	111
2.3	Режимы движения жидкости в лотках и каналах.....	116
2.3.1	Турбулентность и многофазные потоки .....	117
2.3.2	Потери энергии при гидротранспорте грунта.....	120
2.4	Расчетные зависимости равномерного движения в открытых призматических руслах.....	122
2.4.1	Определение коэффициента Шези для открытых русл.....	123
2.4.2	Допускаемые скорости течения в каналах.....	124

2.4.3 Гидравлически наивыгоднейшее поперечное сечение канала .....	126
2.4.4 Гидравлический показатель русла .....	127
2.4.5 Расчет равномерного безнапорного движения в каналах замкнутого поперечного профиля .....	129
2.4.6 Приближенные расчеты равномерного движения в естественных руслах .....	131
2.5 Неравномерное плавноизменяющееся движение жидкости в открытых руслах .....	132
2.5.1 Дифференциальные уравнения неравномерного плавноизменяющегося движения в призматических руслах .....	134
2.5.2 Формы свободной поверхности при неравномерном плавноизменяющемся движении в призматических руслах .....	137
2.5.3 Типы задач при расчете неравномерного движения жидкости в призматических руслах.....	145
2.5.4 Построение кривых свободной поверхности потока в непризматических руслах.....	146
2.6 Неустановившееся движение жидкости в открытых руслах.....	149
2.6.1 Примеры неустановившихся потоков.....	150
2.6.2 Дифференциальные уравнения неустановившегося медленно изменяющегося движения потока в открытых руслах .....	155
2.7 Гидравлический прыжок.....	158
2.7.1 Общие понятия.....	158

2.7.2 Уравнение гидравлического прыжка.....	162
2.7.3 Определение основных характеристик гидравлического прыжка.....	167
2.7.4 Сопряжение бьефов.....	170
2.8 Водосливы .....	176
2.8.1 Основные определения .....	177
2.8.2 Классификация водосливов.....	178
2.8.3 Формула пропускной способности прямоугольного водослива.....	181
2.8.4 Водосливы с тонкой стенкой .....	182
2.8.5 Водосливы практического профиля .....	185
2.8.6 Водосливы с широким порогом.....	187
2.8.7 Использование водосливов в дорожном строительстве.....	189
3. ОБЩАЯ ГИДРОЛОГИЯ И ГИДРОЛОГИЯ ВОДОТОКОВ .....	193
3.1 Круговорот воды в природе и водные ресурсы Земли ...	193
3.2 Водные ресурсы Республики Беларусь.....	198
3.3. Факторы формирования поверхностных вод суши.....	201
3.3.1 Атмосферные осадки .....	201
3.3.2 Испарение .....	211
3.3.3 Подземные воды .....	217
3.4 Гидрология рек .....	228
3.5 Морфология и морфометрия реки и ее бассейна.....	230
3.6 Водный и радиационный баланс речных водосборов ....	246
3.7 Характеристики речного стока, их интерпретация и картирование .....	254
3.8 Режим речного стока .....	262

3.9 Термический и ледовый режим рек .....	266
3.10 Термический режим рек Беларуси .....	276
3.11 Ледовый режим рек Беларуси.....	279
4. ГИДРОМЕТРИЯ .....	283
4.1 Организация гидрометрических работ и техника безопасности.....	283
4.2 Организация водомерных наблюдений.....	284
4.2.1 Выбор участка реки для наблюдений за уровнями воды .....	284
4.2.2 Топографические работы при организации гидрологических постов .....	287
4.2.3 Устройство водомерного поста.....	289
4.2.4 Наблюдения за уровнем и продольным уклоном водной поверхности.....	298
4.2.5 Наблюдения за термическим режимом рек.....	301
4.2.6 Визуальные наблюдения за состоянием водных объектов .....	302
4.3 Измерение глубин и русловые съемки.....	303
4.3.1 Средства и методы для измерения глубин и профилей дна .....	303
4.3.2 Способы выполнения промерных работ.....	306
4.3.3 Обработка результатов промерных работ.....	308
4.4 Измерение скоростей течения воды.....	314
4.4.1 Распределение скоростей течения воды в русле .....	314
4.4.2 Методы и классификация приборов для измерения скоростей течения воды .....	316

4.4.3 Измерение скорости течения воды с помощью гидрометрических вертушек .....	322
4.4.4 Измерение скорости течения воды с помощью гидрометрических поплавков .....	325
4.5 Определение расходов воды различными методами.....	329
4.5.1 Общие принципы определения расходов воды.....	329
4.5.2 Измерение расхода воды.....	330
4.5.3 Измерение расходов воды на малых реках .....	334
4.5.4 Определение максимальных расходов воды по меткам уровней.....	342
4.6 Организация наблюдений за твердым стоком .....	345
4.6.1 Общие сведения о твердом стоке .....	345
4.6.2 Наблюдения за стоком взвешенных наносов .....	349
4.6.3 Измерение расхода взвешенных наносов .....	353
4.6.4 Вычисление расходов взвешенных наносов .....	355
4.6.5 Приборы для взятия проб и методика вычисления расхода донных наносов.....	358
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	364