

**А.А. Волчек, А.А. Волчек  
П.В. Шведовский, Н.Н. Шешко**

# **ГИДРАВЛИКА ГИДРОЛОГИЯ ГИДРОМЕТРИЯ**

Под общей редакцией профессора **А.А. Волчека**

Рекомендовано Экспертным советом УМО  
в системе ВО и СПО в качестве **учебного пособия**  
для укрупненных групп «Техносферная безопасность  
и природообустройство», «Техника и технологии  
строительства» высшего образования

**BOOK.ru**

ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНАЯ СИСТЕМА

**КНОРУС • МОСКВА • 2021**

УДК 661+556(075.8)  
ББК 30.123+26.222я73

В68

Рецензенты:

**В.С. Северянин**, проф. кафедры теплогасоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета, д-р техн. наук, проф.,

**В.Е. Левкевич**, проф. кафедры «Водоснабжение и водоотведение» Белорусского национального технического университета, д-р техн. наук, проф.

Авторы:

**А.А. Волчек**, декан факультета инженерных систем и экологии УО «Брестский государственный технический университет», д-р геогр. наук РФ и РБ, проф.,

**А.А. Волчек**, доцент кафедры природообустройства УО «Брестский государственный технический университет», канд. техн. наук, доц.,

**П.В. Шведовский**, заведующий кафедрой геотехники и транспортных коммуникаций УО «Брестский государственный технический университет», канд. техн. наук, проф.,

**Н.Н. Шешко**, доцент кафедры природообустройства УО «Брестский государственный технический университет», канд. техн. наук, доц.

**Волчек, Александр Александрович.**

**В68** Гидравлика, гидрология, гидрометрия : учебное пособие / А.А. Волчек, А.А. Волчек, П.В. Шведовский, Н.Н. Шешко ; под общ. ред. А.А. Волчека. — Москва : КНОРУС, 2021. — 520 с. — (Бакалавриат и магистратура).

**ISBN 978-5-406-05609-7**

Изложены общие вопросы гидравлики и гидравлики открытых потоков. Рассмотрены основы гидрологии суши и гидрологии водотоков с учетом современного изменения климата. Приведены методы и способы наблюдений и измерений за характеристиками водных потоков и водоемов с использованием специального оборудования и приборов. Дано обоснование применения статистических методов в гидрологии и на их основе анализ гидрологической информации, определение основных гидрологических характеристик для различных расчетных случаев. Особое место уделено описанию общих закономерностей формирования максимального стока воды и построению гидрографов половодий и паводков. Рассмотрен уровеньный режим рек, формирующий русловые процессы. В заключение приведены основы гидравлического расчета дорожных водопропускных и водоотводных сооружений.

Соответствует ФГОС ВО последнего поколения.

*Для студентов бакалавриата и магистратуры, обучающихся по укрупненным группам направлений «Техносферная безопасность и природообустройство», «Техника и технологии строительства».*

**Ключевые слова:** гидравлика; жидкость, поток; гидрология, река; обеспеченность; вероятность; уровень; наносы.

**УДК 661+556(075.8)**

**ББК 30.123+26.222я73**

Волчек Александр Александрович, Волчек Анастасия Александровна  
Шведовский Петр Владимирович, Шешко Николай Николаевич

**ГИДРАВЛИКА, ГИДРОЛОГИЯ, ГИДРОМЕТРИЯ**

Изд. № 553683. Формат 60×90/16. Сдано в печать 26.07.2020.

Гарнитура «PeterburgС». Усл. печ. л. 32,5. Уч.-изд. л. 28,7. Тираж 500 экз.

ООО «Издательство «КноРус».

117218, г. Москва, ул. Кедрова, д. 14, корп. 2. Тел.: +7(495)741-46-28.

E-mail: welcome@knorus.ru www.knorus.ru

Отпечатано в АО «Т8 Издательские Технологии».

109316, г. Москва, Волгоградский проспект, д. 42, корп. 5.

Тел.: +7(495)221-89-80.

© Волчек А.А., Волчек А.А., Шведовский П.В.,  
Шешко Н.Н., 2021

© ООО «Издательство «КноРус», 2021

**ISBN 978-5-406-05609-7**

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	10
ВВЕДЕНИЕ .....	11
1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ГИДРАВЛИКИ .....	16
1.1. Гидростатика .....	22
1.1.1. Напряженное состояние частицы жидкости .....	23
1.1.2. Гидростатическое давление .....	24
1.1.3. Основное уравнение гидростатики .....	27
1.1.4. Давление жидкости на плоские поверхности. Центр давления .....	30
1.1.5. Давление жидкости на криволинейные поверхности .....	33
1.1.6. Плавучесть тел .....	38
1.2. Основные понятия кинематики и динамики жидкости .....	40
1.2.1. Методы изучения движения жидкости .....	40
1.2.2. Линия и трубка тока, элементарная струйка .....	43
1.2.3. Поток и его элементы .....	46
1.2.4. Дифференциальные уравнения Эйлера движения невязкой жидкости .....	49
1.2.5. Дифференциальное уравнение неразрывности .....	57
1.2.6. Уравнение Бернулли для элементарной струйки .....	58
1.2.7. Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости .....	63
1.2.8. Теорема изменения количества движения для потока жидкости .....	67
1.3. Потери энергии при движении жидкости .....	70
1.3.1. Виды гидравлических сопротивлений .....	70
1.3.2. Основное уравнение установившегося равномерного движения жидкости .....	72
1.3.3. Потери напора по длине при равномерном установившемся движении жидкости .....	75
1.3.4. Режимы движения жидкости .....	78
1.3.5. Касательные напряжения в турбулентном потоке .....	83
1.3.6. Распределение скоростей в турбулентном потоке .....	89
1.3.7. График Никурадзе. Формулы коэффициентов Дарси и Шези .....	92

1.3.8. Местные потери энергии .....	96
2. ГИДРАВЛИКА ОТКРЫТЫХ ПОТОКОВ .....	99
2.1. Типы открытых русл и виды движения жидкости .....	99
2.2. Удельная энергия сечения. Критическая глубина. Спокойное, бурное и критическое состояние потока в открытом русле .....	103
2.3. Режимы движения жидкости в лотках и каналах .....	107
2.3.1. Турбулентность и многофазные потоки .....	108
2.3.2. Потери энергии при гидротранспорте грунта .....	111
2.4. Расчетные зависимости равномерного движения в открытых призматических руслах .....	113
2.4.1. Определение коэффициента Шези для открытых русл .....	113
2.4.2. Допускаемые скорости течения в каналах .....	114
2.4.3. Гидравлически наивыгоднейшее поперечное сечение канала .....	116
2.4.4. Гидравлический показатель русла .....	117
2.4.5. Расчет равномерного безнапорного движения в каналах замкнутого поперечного профиля .....	118
2.4.6. Приближенные расчеты равномерного движения в естественных руслах .....	121
2.5. Неравномерное плавноизменяющееся движение жидкости в открытых руслах .....	122
2.5.1. Дифференциальные уравнения неравномерного плавноизменяющегося движения в призматических руслах .....	123
2.5.2. Формы свободной поверхности при неравномерном плавноизменяющемся движении в призматических руслах .....	126
2.5.3. Типы задач при расчете неравномерного движения жидкости в призматических руслах .....	134
2.5.4. Построение кривых свободной поверхности потока в непризматических руслах .....	135
2.6. Неустановившееся движение жидкости в открытых руслах .....	137
2.6.1. Примеры неустановившихся потоков .....	138
2.6.2. Дифференциальные уравнения неустановившегося медленно изменяющегося движения потока в открытых руслах .....	142

2.7. Гидравлический прыжок.....	146
2.7.1. Общие понятия .....	146
2.7.2. Уравнение гидравлического прыжка.....	149
2.7.3. Определение основных характеристик гидравлического прыжка .....	154
2.7.4. Сопряжение бьефов .....	157
2.8. Водосливы .....	162
2.8.1. Основные определения .....	162
2.8.2. Классификация водосливов .....	164
2.8.3. Формула пропускной способности прямоугольного водослива .....	166
2.8.4. Водосливы с тонкой стенкой.....	167
2.8.5. Водосливы практического профиля.....	170
2.8.6. Водосливы с широким порогом .....	171
2.8.7. Использование водосливов в дорожном строительстве .....	173
3. ОБЩАЯ ГИДРОЛОГИЯ И ГИДРОЛОГИЯ ВОДОТОКОВ .....	177
3.1. Круговорот воды в природе и водные ресурсы Земли .....	177
3.2. Водные ресурсы Республики Беларусь .....	181
3.3. Факторы формирования поверхностных вод суши .....	183
3.3.1. Атмосферные осадки .....	184
3.3.2. Испарение .....	193
3.3.3. Подземные воды.....	197
3.4. Гидрология рек.....	207
3.5. Морфология и морфометрия реки и ее бассейна .....	209
3.6. Водный и радиационный баланс речных водосборов.....	223
3.7. Характеристики речного стока, их интерпретация и картирование .....	231
3.8. Режим речного стока .....	238
3.9. Термический и ледовый режим рек .....	241
3.10. Термический режим рек Беларуси .....	250
3.11. Ледовый режим рек Беларуси .....	252
4. ГИДРОМЕТРИЯ.....	257
4.1. Организация гидрометрических работ и охрана труда.....	257
4.2. Организация водомерных наблюдений .....	258

4.2.1. Выбор участка реки для наблюдений за уровнями воды .....	258
4.2.2. Топографические работы при организации гидрологических постов .....	261
4.2.3 Устройство водомерного поста .....	262
4.2.4. Наблюдения за уровнем и продольным уклоном водной поверхности.....	270
4.2.5. Наблюдения за термическим режимом рек .....	272
4.2.6. Визуальные наблюдения за состоянием водных объектов .....	273
4.3. Измерение глубин и русловые съемки .....	273
4.3.1. Средства и методы для измерения глубин и профилей дна .....	274
4.3.2. Способы выполнения промерных работ .....	276
4.3.3. Обработка результатов промерных работ .....	278
4.4. Измерение скоростей течения воды .....	283
4.4.1. Распределение скоростей течения воды в русле .....	283
4.4.2. Методы и классификация приборов для измерения скоростей течения воды .....	285
4.4.3. Измерение скорости течения воды с помощью гидрометрических вертушек .....	289
4.4.4. Измерение скорости течения воды с помощью гидрометрических поплавков.....	292
4.5. Определение расходов воды различными методами .....	295
4.5.1. Общие принципы определения расходов воды .....	295
4.5.2. Измерение расхода воды.....	296
4.5.3. Измерение расходов воды на малых реках.....	300
4.5.4. Определение максимальных расходов воды по меткам уровней .....	307
4.6. Организация наблюдений за твердым стоком .....	309
4.6.1. Общие сведения о твердом стоке .....	309
4.6.2. Наблюдения за стоком взвешенных наносов .....	312
4.6.3. Измерение расхода взвешенных наносов.....	315
4.6.4. Вычисление расходов взвешенных наносов .....	317
4.6.5. Приборы для взятия проб и методика вычисления расхода донных наносов .....	319

5. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ .....	324
5.1. Обоснование применения статистических методов в гидрологии .....	324
5.2. Обеспеченность гидрологической характеристики. Формулы эмпирической обеспеченности .....	325
5.3. Кривые распределения и их параметры .....	326
5.4. Теоретические кривые обеспеченности .....	331
5.5. Проверка теоретической кривой обеспеченности. Клетчатка вероятностей .....	335
5.6. Определение параметров теоретической кривой обеспеченности и их точность .....	336
5.7. Корреляционные связи гидрологических явлений .....	338
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК .....	342
6.1. Предварительный анализ гидрологической информации .....	343
6.1.1. Анализ однородности гидрологических рядов наблюдений .....	345
6.2. Определение расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрологических наблюдений .....	347
6.2.1. Общие указания по оценке выборочных средних, коэффициентов вариации и асимметрии, эмпирических функций распределения .....	347
6.2.2. Расчет неоднородных кривых распределения .....	350
6.2.3. Особенности определения расчетных гидрологических характеристик для различных видов стока .....	351
6.3. Определение расчетных гидрологических характеристик при недостаточности данных гидрологических наблюдений .....	356
6.3.1. Оценка репрезентативности наблюдаемых данных .....	356
6.3.2. Методы приведения рядов гидрологических характеристик к многолетнему периоду с учетом материалов кратковременных (менее 6 лет) наблюдений .....	358
6.3.3. Методы приведения рядов гидрологических характеристик к многолетнему периоду при наличии гидрологических наблюдений 6 лет и более .....	361

6.4. Определение расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрологических наблюдений .....	363
6.4.1. Годовой сток воды рек .....	364
6.4.2. Минимальный сток воды рек .....	366
7. ГИДРОГРАФЫ СТОКА И ИХ РАСЧЕТ .....	368
7.1. Понятие гидрографа стока и его расчленение по видам питания .....	368
7.2. Расчет гидрографов паводков и половодий .....	374
7.3. Расчетные гидрографы стока воды рек весеннего половодья и дождевых паводков .....	375
8. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА .....	382
8.1. Общие закономерности и факторы формирования весеннего стока .....	382
8.2. Механизм формирования дождевых паводков .....	387
8.2.1. Факторы формирования дождевого паводочного стока .....	390
8.3. Схема формирования стока при выпадении дождя .....	392
8.4. Методы определения расчетных характеристик максимального стока .....	398
8.5. Максимальный сток на реках Беларуси .....	407
8.5.1. Максимальные половодья на реках Беларуси .....	407
8.5.2. Максимальные паводки на реках Беларуси .....	410
8.5.3. Характеристика наводнений на реках Беларуси .....	412
9. РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ .....	414
9.1. Взаимодействие потока и русла .....	414
9.2. Происхождение, характеристики и классификация речных наносов .....	415
9.3. Движение взвешенных и влекомых наносов .....	419
9.4. Режим стока наносов .....	426
9.5. Морфометрические элементы речных русел .....	428
9.6. Типы русловых процессов .....	432
9.7. Сток наносов рек Беларуси .....	437
10. УРОВЕННЫЙ РЕЖИМ РЕК .....	443
10.1. Построение и экстраполяция кривых зависимости расходов от уровней воды .....	444
10.1.1. Методы построения кривых расходов по гидрологическим наблюдениям .....	445
10.1.2. Экстраполяция кривых и методы построения приближенных кривых расходов .....	450

10.2. Определение наивысших уровней воды рек при наличии данных гидрометрических наблюдений .....	455
10.3. Определение наивысших уровней воды рек при недостаточности данных гидрометрических наблюдений .....	458
10.4. Определение наивысших уровней воды рек при отсутствии данных гидрометрических наблюдений .....	459
<b>11. ОСНОВЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ДОРОЖНЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ .....</b>	<b>461</b>
11.1. Общие сведения .....	461
11.2. Движение потока через малые мосты и безнапорные трубы.....	466
11.3. Особенности расчета малых мостов .....	468
11.4. Расчет безнапорных водопропускных труб .....	472
11.5. Гидравлический расчет труб с затопленным входом .....	482
11.6. Гидравлический расчет выходных участков малых водопропускных сооружений.....	484
11.7. Сопрягающие и водобойные сооружения .....	488
11.8. Гашение энергии .....	492
11.9. Перепады.....	497
11.10. Быстротоки и консольные сбросы .....	500
<b>12. ОСНОВЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СООРУЖЕНИЙ ДОРОЖНОГО ВОДООТВОДА .....</b>	<b>504</b>
12.1. Общие сведения .....	504
12.2. Расчет сооружений поверхностного водоотвода .....	506
12.3. Движение поверхностных вод и расчета водоотводных лотков и дождеприемников водоотвода закрытого типа.....	509
12.4. Режимы работы коллекторов и других трубчатых сооружений водоотвода.....	512
12.5. Схемы отвода подземных вод и их расчет .....	514
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>517</b>

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемое учебное пособие обобщает многолетний опыт изложения авторами курса «Гидравлика, гидрология, гидрометрия» в Брестском государственном техническом университете. При этом оно отражает традиции заложенные в ведущих научных центрах стран СНГ сформированных в XX веке и получившие развитие в XXI веке и во многом следует известному учебнику «Гидравлика, гидрология, гидрометрия» Н.М. Константинова, Н.А. Петрова и Л.И. Высоцкого. Однако этот учебник был издан более тридцати лет назад, и он практически исчез из большинства библиотек вузов.

В настоящее время в Беларуси нет единого учебника или учебного пособия для автодорожных специальностей и к тому же в изложении предлагаемого курса произошли значительные изменения. Появились новые конструкции сооружений, изменилась технология их возведения, ужесточились требования охраны окружающей среды, связанные с существенным влиянием на гидрологический режим рек и водоемов происходящих изменений климата.

Строительство современных автомобильных дорог и аэродромов в сложных гидрогеологических условиях поставило перед гидравликой дорожных сооружений ряд задач, что определило необходимость рассмотрения соответствующих изменений в области знаний по новым материалам, гидрологии, дорожному водоотводу, экологии и др.

Материал учебного пособия делится на две части. Базовый материал курса, рассматривающий основные законы гидравлики носит наиболее выраженный общетехнический характер, и ее изложение и по содержанию, и по методике не существенно различается для многих строительных специальностей, особенно таких родственных, как гидротехническое и мелиоративное строительство. Поэтому авторы сочли целесообразным отмеченный объем курса выделить в первую часть.

В главах, посвященных дорожно-мостовой гидравлике и аэродромным сооружениям, широко используются основные законы и зависимости гидравлики, излагаемые в первой части. Специальные темы, а также гидрология и гидрометрия были четко ориентированы на соответствующие специальности, имеют прикладной характер и объединены во второй части учебного пособия.

# ВВЕДЕНИЕ

Учебное пособие включает в себя сведения по трем дисциплинам: гидравлике, гидрологии и гидрометрии.

*Гидравлика* – одна из ветвей механики, изучающая законы равновесия и движения жидкости, способы применения этих законов к решению инженерных задач.

Гидравлика является основой таких специальностей, как дорожное строительство, гидротехника, мостостроение, водный транспорт и т.д. Трудно назвать отрасль техники, строительства и другие сферы деятельности человека, где бы не использовалась гидравлика.

В большинстве случаев строительную практику удовлетворяет решение задач гидравлики в относительно простой одномерной постановке. Значительно реже встречается двумерная постановка, задач, к которым относятся так называемые плановые задачи. Одна из них – движение речного потока в широком русле перед и за мостовым переходом. Наибольшие трудности вызывают задачи в трехмерной, пространственной постановке.

Большинство задач гидравлики, решаемых в автодорожном строительстве, рассматриваются в одномерной постановке, и их решение обычно включает следующие этапы: 1) выявление физических особенностей изучаемого явления, постановка задачи; 2) формирование упрощенной модели с учетом требуемой подробности и точности решения, разработка принципиального решения для модели; 3) проверку полученных результатов в эксперименте и на основе его результатов корректировки, если необходимо, теоретического решения. Для частных случаев в этой схеме могут отсутствовать те или иные этапы.

*Гидрология* – наука о гидросфере земли, о протекающих в ней процессах и представляет собой обширный раздел естествознания, который делится на *гидрометеорологию*, *гидрологию поверхностных вод суши* (гидрологию суши), *океанологию* и *гидрогеологию*.

Специалисты строительного профиля изучают *инженерную гидрологию*. Практической целью этой отрасли науки является разработка методов рационального использования гидрологических процессов в технической и хозяйственной деятельности человека. Строителей транспортных сооружений интересуют в основном водные потоки на суше. Поэтому для соответствующих специальностей из широкого круга вопросов выделяются только те, которые относятся к *гидрологии суши* или ее части – *гидрологии рек*.

*Гидрометрия* – раздел гидрологии, включающий методы наблюдения и измерения гидрологических характеристик потоков. В гидрометрии рассматриваются и приборы для измерений уровней свободной поверхности воды, глубин водных потоков, их скоростей и других характеристик.

Перечисленные дисциплины – гидравлику, гидрологию и гидрометрию – объединяет общность цели: *гидравлико-гидрологическое обоснование транспортных сооружений*. Их объединяет и объект изучения – водные потоки на поверхности земли.

*Краткий исторический очерк*. Накопленные по результатам наблюдений знания позволяли еще за тысячи лет до нашей эры строить крупные мосты, водопроводные системы и другие гидротехнические сооружения.

Так вода всегда была непременным условием существования человека, то уже с глубокой древности велись наблюдения за режимом рек и водоемов, делались попытки предсказания их изменений. Ярким примером являются тысячелетние наблюдения древних египтян за уровнем воды в р. Нил. Такие сведения привели к первым обобщениям в форме отдельных законов гидравлики. Древнейшим из них считается закон Архимеда (207 – 212 гг. до н. э.) о выталкивающей силе.

Более поздние исследования о поведении жидкости в состоянии покоя и движения связаны с именами выдающихся физиков, механиков, математиков средневековья и эпохи Возрождения. Среди них следует назвать Леонардо да Винчи (1452 – 1519). Его работы были посвящены вопросам гидростатики, истечения жидкости через отверстия и водосливы, волновым явлениям. Леонардо да Винчи был автором целого ряда проектов гидравлических устройств и гидротехнических сооружений.

Большой вклад в развитие гидравлики внес Галилео Галилей (1564 – 1620). Занимаясь сопротивлением движению жидкости, этим важным вопросом для решения задач гидравлики, он показал, что это сопротивление зависит от скорости и плотности жидкости.

Успехи в развитии физики, математики, механики и других смежных наук способствовали и новым достижениям в гидравлике. Так, Э. Торричелли (1608 – 1647) предложил формулу для расчета скорости истечения жидкости из отверстий, а Б. Паскаль (1623 – 1662) известен как автор закона о сообщающихся сосудах.

Сформулировавший основные законы классической механики И. Ньютон (1643 – 1727) предложил гипотезу о внутреннем трении в вязкой жидкости.

Основы гидравлики как науки заложили члены Петербургской Академии наук Д. Бернулли (1700–1782) и Л. Эйлер (1707–1783). Они разработали фундаментальные уравнения гидравлики и обобщили известные до этого сведения по отдельным ее разделам. Д. Бернулли, в частности, получил из закона живых сил одно из основных уравнений гидравлики, названное его именем. Л. Эйлер вывел дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости, получил решение ряда задач гидравлики. К концу XVIII в. в области гидравлики был накоплен значительный объем знаний. Это достигнуто трудами целой плеяды известных ученых Ж.Д. Д'Аламбера (1717–1783), Ж.Л. Лагранжа (1736–1813), П.С. Лапласа (1749–1827) и др.

Бурное развитие транспортных связей предопределило приоритет гидротехников и мостостроителей в решении задач гидравлики, например А. Шези (1718–1798), автора метода моделирования потоков.

Начало развития в России гидравлики как основы строительства гидротехнических сооружений относится ко Временам Петра 1, когда были построены Вышневолоцкая и Березинская водные системы. С тех пор стали производиться систематические наблюдения за режимом отдельных рек и озер, возникли первые гидрометрические посты. Решению многих задач гидравлики и гидрометрии посвятил свои работы гениальный русский ученый М.В. Ломоносов (1711–1765).

Развитие гидравлики в XIX в. отмечено многочисленными исследованиями как общетеоретического, так и прикладного характера. Достижения этого периода связаны со многими именами крупнейших ученых: А. Сен-Венана, А. Дарси, Ю. Вейсбаха, О. Рейнольдса, А. Базена. В России плодотворно работали И. С. Громека, Н. Е. Жуковский, Н. П. Петров и многие другие.

В гидрологию и гидрометрию большой вклад внесли В.М. Лохтин, А.И. Воейков, В.Г. Глушков, Д.И. Кочерин и др.

Достижения гидравлики лежат в основе важнейших направлений технического прогресса в строительстве, в самых разнообразных технологических процессах, в системах управления и привода различных машин и механизмов.

Потребность в изучении гидрологического режима водотоков Беларуси начала ощущаться уже в начале XVIII в. Этому способствовало и ее географическое положение на водоразделе двух морей – Балтийского и Черного, а также наличие таких крупных рек, как Западная Двина, Неман, Днепр, Березина, Сож и Припять, издавна служивших водными путями. В XVIII в. положено начало организации сети водомерных постов на реках Беларуси. В начале XIX в. с развитием судо-

ходства на внутренних водных путях возрос интерес к изучению колебания уровня воды в реках. В 1818 г. Управлением водяными и сухопутными сообщениями дается предписание об обязательных ежедневных измерениях уровней воды на всех водных системах. Развитие различных видов транспорта, сопровождавшееся ростом мостостроения на шоссейных и железных дорогах, необходимо улучшения судоходных условий рек, вызвало в 70-х гг. XIX в. создание довольно обширной сети постоянно действующих водомерных постов, главным образом на судоходных реках и каналах.

Современная гидрологическая сеть Департамента по гидрометеорологии Беларуси состоит из 123 гидрологических постов на реках и 14 гидрологических постов на озерах и водохранилищах.

*Роль и место гидравлики, гидрологии и гидрометрии в дорожно-мостовом и аэродромном строительстве.* Развитие и совершенствование транспортной сети – одна из главнейших задач народного хозяйства нашей страны. Транспортное строительство играет определяющую роль в развитии любого региона. Знание гидрологии и гидрометрии позволит обеспечить качественное строительство и надежную эксплуатацию дорожно-мостовых и аэродромных сооружений.

Мостовые переходы и другие водопропускные сооружения – сложные и дорогие объекты, находящиеся в очень тяжелых условиях эксплуатации. Именно их надежность, как правило, определяет эффективность и бесперебойность работы транспортной сети. Воздействие воды на полотно дороги и ее основание, на сооружения дорожного водоотвода, водопропускные трубы и мосты представляет одну из главных причин нарушения нормальной эксплуатации. Еще более высокие требования предъявляются к взлетно-посадочным полосам аэродромов.

Каждый из перечисленных объектов в течение длительного срока эксплуатации подвергается многократному воздействию потоков в широком диапазоне изменения их водности, начиная с полного пересыхания и кончая наводнениями и паводками. Как правило, для дорожных сооружений самыми опасными являются потоки в периоды паводков и половодий. Пучинообразование и вызываемая им резкая потеря несущей способности основания проезжей части дороги наиболее интенсивны при высоких уровнях грунтовых вод. Перелив через насыпи, кюветы, лотки может вызвать многоводные потоки при таянии снега и интенсивных дождях. В период высоких половодий возможен размыв укрепленных участков русел и подмыв мостовых опор, затопление подходов к мостам и пролетных строений.

Изучив настоящий курс, будущий инженер должен овладеть методикой измерения и прогнозирования характеристик водных потоков и методами расчета сооружений на основе глубокого понимания физики явления, т.е. разработать гидрологическое обоснование для гидравлических расчетов, определяющих технологию и сроки возведения сооружений, особенности эксплуатации сооружений.

Особо следует отметить роль гидравлики, гидрологии и гидрометрии в обеспечении *обратной связи*, т.е. прогноза влияния дорожно-мостовых и аэродромных сооружений на водотоки и водную среду, на прилегающую территорию. Такой прогноз позволяет оценить последствия воздействия размывов русл и их заиления, плановых деформаций в долинах рек, опасность для земельного фонда развитие процессов оврагообразования, затопления и заболачивания территорий и меры по их ограничению и предотвращению.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеевский, Н.И. Формирование и движение речных наносов / Н.И. Алексеевский. – М. : Изд-во МГУ, 1998. – 202 с.

Базыленко, Г.М. Гидрологические расчеты / Г.М. Базыленко. – Минск: НПО «ПИОН», 2002. – 143 с.

Барышников, Н.Б. Динамики русловых потоков / Н.Б. Барышников. Учебник. – СПб. : РГГМУ, 2016. – 342 с.

Быков, В.Д. Гидрометрия / В.Д. Быков, А.В. Васильев. – Л., Гидрометеиздат, 1972. – 448 с.

Владимиров, А.М. Гидрологические расчеты / А.М. Владимиров. – Л. : Гидрометеиздат, 1990. – 365 с.

Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А.А. Волчек [и др.]; под общ. ред. А.А. Волчека, В.Н. Корнеева. – Брест : Альтернатива, 2017. – 239 с.

Водный кодекс Республики Беларусь (от 30.04.2014 г.) № 149-З : принят Палатой представителей 02.04.2014 г. одобрен Советом Республики 11.04.2014.

Волчек, А.А. Минимальный сток рек Беларуси : монография / А.А. Волчек, О.И. Грядунова. – Брест : Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина, 2010. – 300 с.

Волчек, А.А. Паводки на реках Беларуси : монография / А.А. Волчек, Т.А. Шелест. – Брест : Брест. гос. ун-т им. А.С. Пушкина, 2016. – 199 с.

Георгиевский, Ю.М. Гидрологические прогнозы. Учебник / Ю.М. Георгиевский, С.В. Шаночкин. – СПб. : Изд. РГГМУ, 2007. – 436 с.

Гидрологический мониторинг Республики Беларусь / под общ. ред. А.И. Полищука, Г.С. Чекан. – Минск : Книгазбор, 2009. – 268 с.

Карасев, И.Ф. Гидрометрия / И.Ф. Карасев, И.Г. Шумков. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 385 с.

Константинов, Н.М. Гидравлика, гидрология, гидрометрия / Н.М. Константинов, Н.А. Петров, Л.И. Высоцкий : учебник. – Москва : Высш. шк., 1987. В 2 частях : Часть 1. Общие законы. – 304 с. Часть 2. Специальные вопросы. – 431 с.

- Кудинов, В.А. Гидравлика: учеб, пособие / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов. – М. : Высш. шк., 2006. – 175 с.
- Логинов, В.Ф. Весенние половодья на реках Беларуси: пространственно-временные колебания и прогноз / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, Ан.А. Волчек – Минск : Беларуская навука, 2014. – 244 с.
- Логинов, В.Ф. Водный баланс речных водосборов Беларуси / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек. – Минск : Тонпик, 2006. – 160 с.
- Лопух, П.С. Гідраграфія Беларусі / П.С. Лопух. – Минск: БГУ, 2004. – 204 с.
- Лучшева, А.А. Сборник задач и руководство к практическим занятиям по основам гидравлики и гидрометрии / А.А. Лучшева, А.Е. Чаповский. – М. : Недра, 1990. – 171 с.
- Максименко, Ю.Л. Охрана водных ресурсов / Ю.Л. Максименко, Г.Н. Кудряшова. – М. : АСВ, 2015. – 256 с.
- Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли. – Л., 1974. – 637 с.
- Михайлов В.Н. Гидрология : учебник для вузов / В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский, С.А. Добролюбов. -2-е, 3-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2007, 2008. – 463 с.
- Орлов, В.Г. Основы инженерной гидрологии : учебное пособие / В.Г. Орлов, А.В. Сикан. – Ростов на Дону : Феникс : Северо- Запад, 2009. – 192 с.
- Расчетные гидрологические характеристики. Порядок определения. Технический кодекс установившейся практики ТКП 45-3.04-168-2009(02250). – Минск: РУП «Стройтехнорм», 2010. – 55 с.
- Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь : в 3 т. / под ред. А.И. Бедрицкого. – СПб.; М. : Летний сад, 2009.
- Справочник по гидравлическим расчетам / под ред. П.Г. Киселева. – М. : Энергия, 1974. – 312 с.
- Чугаев, Р.Р. Гидравлика : учебник для вузов / Р.Р. Чугаев. – 5-е. изд., репринтное. – М. : БАСТЕТ, 2008. – 672 с.
- Штеренлихт, Д.В. Гидравлика : учебник для вузов. – В 2 книгах. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 351 с. и 367 с.

Волчек Александр Александрович  
Волчек Анастасия Александровна  
Шведовский Петр Владимирович  
Шешко Николай Николаевич  
**ГИДРАВЛИКА, ГИДРОЛОГИЯ, ГИДРОМЕТРИЯ**

*Учебное пособие*

Редактор *А.С. Бобкова*  
Корректор *В.В. Попов*  
Верстка *В.Я. Грибовского*