

УДК 621.6(075)  
ББК 39.7я73  
Т77

Авторы:

*А. А. Гладенко, С. М. Чекардовский, С. Ю. Подорожников, Ю. Д. Земенков,  
Б. В. Моисеев, С. М. Дудин, В. А. Петряков, К. С. Воронин,  
М. Ю. Земенкова, А. М. Куликов, В. О. Некрасов, Д. А. Серебренников*

Рецензенты:

*Р. В. Агиней, д.т.н., профессор,  
заместитель генерального директора по науке АО «Гипрогазцентр»  
(г. Нижний Новгород);*

*А. Н. Гульков, д.т.н., профессор,  
заведующий кафедрой «Нефтегазовое дело и нефтехимия»  
Дальневосточного федерального университета*

**Трубопроводный транспорт и хранение углеводородных ресурсов.**  
Т77 **Примеры решения типовых задач : учеб. пособие : в 2 т. / [А. А. Гладенко и др.] ; под ред. Ю. Д. Земенкова ; Минобрнауки России, ОмГТУ, ТИУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2017.**

ISBN 978-5-8149-2550-3

Т. 1. – 428 с. : ил.

ISBN 978-5-8149-2551-0

Учебное пособие состоит из двух томов. В первом томе представлены особенности физических процессов, протекающих при эксплуатации современных нефтегазопроводов Западной Сибири, тенденции развития и вопросы повышения эффективности работы трубопроводного транспорта и нефтепромыслового оборудования. Рассмотрены алгоритмы аналитических методов теплового и гидравлического расчета трубопроводов. Примеры решения основных задач трубопроводного транспорта ориентированы на выполнение выпускных квалификационных и курсовых работ по основным общеобразовательным и специальным дисциплинам.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки специалистов 21.03.01 «Нефтегазовое дело» и 21.05.05 «Физические процессы горного или нефтегазового производства».

УДК 621.6(075)  
ББК 39.7я73

*Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Омского государственного технического университета*

ISBN 978-5-8149-2551-0 (т. 1)  
ISBN 978-5-8149-2550-3

© ОмГТУ, 2017  
© ТИУ, 2017

ОТ АВТОРОВ .....	7
ПРЕДИСЛОВИЕ .....	8
ГЛАВА 1. ПРАВИЛА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН .....	9
1.1. Основные единицы международной системы СИ .....	9
1.2. Образование производных единиц .....	10
1.3. Правила образования десятичных кратных и дольных единиц, а также их наименований и обозначений .....	12
1.4. Правила написания обозначений единиц .....	13
1.5. Правила пересчета значений физических величин при переходе к единицам СИ .....	15
1.6. Общие сведения о системах единиц измерения МКГСС и СГС .....	19
ГЛАВА 2. ТИПОВЫЕ ЗАДАЧИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ» .....	24
2.1. Гидростатические основы хранения углеводородов .....	24
2.1.1. Давление в покоящейся жидкости .....	24
2.1.2. Сила статического давления жидкости на плоскую стенку .....	34
2.1.3. Сила статического давления жидкости на криволинейные стенки. Закон Архимеда .....	43
2.2. Гидродинамические основы транспорта углеводородов .....	53
2.2.1. Основные понятия кинематики и динамики жидкости .....	53
2.2.2. Гидравлический расчет простых напорных трубопроводов .....	67
2.2.3. Гидравлический расчет сложных трубопроводов .....	86
ГЛАВА 3. ТИПОВЫЕ ЗАДАЧИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ» .....	106
3.1. Термодинамика .....	106
3.1.1. Параметры состояния и газовые законы .....	106
3.1.2. Газовые смеси .....	111

3.1.3. Первое начало термодинамики (закон сохранения энергии) .....	125
3.1.4. Процессы изменения состояния вещества .....	129
3.1.5. Пары.....	134
3.1.6. Термодинамические циклы.....	139
3.1.7. Истечение газов и паров .....	156
3.2. Теория теплообмена.....	160
3.2.1. Теплопроводность .....	160
3.2.2. Конвективный теплообмен .....	167
3.2.3. Теплообмен излучением.....	174
3.2.4. Теплопередача .....	177
3.2.5. Теплообменные аппараты .....	181

#### ГЛАВА 4. ТИПОВЫЕ ЗАДАЧИ ПО КУРСУ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ НАСОСНЫХ И КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ» .....

194

4.1. Подбор основного оборудования НПС магистральных нефтепроводов.....	194
4.2. Регулирование режимов работы НПС нефтепроводов .....	204
4.3. Обеспечение бескавитационной работы насосов на НПС .....	212
4.4. Подбор ГПА для КС магистрального газопровода.....	215
4.5. Расчет режима работы КС с центробежными нагнетателями ...	218
4.6. Обеспечение беспомпажной работы нагнетателей КС .....	227

#### ГЛАВА 5. ТИПОВЫЕ ЗАДАЧИ ПО КУРСУ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НЕФТЕПРОВОДОВ».....

230

5.1. Технологический расчет магистрального нефтепровода.....	230
5.2. Режим работы нефтепровода при отключении НС .....	248
5.3. Режим работы нефтепровода при периодических сбросах и подкачках .....	252
5.4. Оценка гидравлической эффективности МН .....	257
5.4.1. Совместная работа насосных станций и линейной части.....	257
5.4.2. Изменение основных технологических параметров перекачки при снижении эффективности работы линейной части.....	269
5.4.3. Определение условий выноса газа и воды из магистральных нефтепроводов.....	270
5.5. Автоматизация технологических процессов нефтеперекачивающих станций магистральных нефтепроводов.....	273
5.5.1. Общие понятия об автоматизированных системах управления технологическими процессами .....	273

5.5.2. Функции автоматизированной системы управления технологическими процессами нефтеперекачивающей станции магистрального нефтепровода .....	275
5.5.3. Характеристика технологических схем и технологических процессов НПС нефтепровода.....	277
5.5.4. Разработка алгоритмов управления технологическими режимами работы НПС.....	282

## ГЛАВА 6. ТИПОВЫЕ ЗАДАЧИ ПО КУРСУ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ГАЗОПРОВОДОВ» .....

6.1. Пропускная способность и режим работы магистрального газопровода .....	290
6.1.1. Определение физических свойств газа .....	291
6.1.2. Определение коэффициента гидравлического сопротивления.....	292
6.2. Определение давления в магистральном газопроводе .....	294
6.3. Расчет сложных трубопроводов.....	299
6.4. Температурный режим участка газопровода.....	301
6.5. Определение коэффициента гидравлической эффективности магистрального газопровода .....	305

## ГЛАВА 7. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПО КУРСУ «СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА» .....

7.1. Общие сведения о перекачке вязких и застывающих нефтей .....	335
7.2. Тепловой режим «горячего» нефтепровода.....	342
7.3. Последовательная перекачка нефтепродуктов.....	354

## ГЛАВА 8. ТИПОВЫЕ ЗАДАЧИ ПО КУРСУ «УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ И КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ» .....

8.1. Практическое использование расчётных формул по определению эквивалентного диаметра сложных участков магистрального газопровода.....	371
8.2. Определение показателей технического состояния линейной части МГ и интенсивности использования оборудования КС .....	373
8.2.1. Определение коэффициента гидравлической эффективности работы участка МГ.....	373
8.2.2. Определение интенсивности использования оборудования КС.....	377

8.3. Определение показателя экстенсивности использования ГПА по времени.....	381
8.4. Оценка вероятности гидратообразования на участке МГ.....	382
8.5. Построение кривой влагосодержания насыщенного газа.....	384
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	386
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	387
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Значения эквивалентной шероховатости для труб (по А. Д. Альтшулю) .....	392
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Значения коэффициентов местных сопротивлений (квадратичная зона) .....	393
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Теплофизические свойства некоторых жидкостей .....	394
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Поправочная функция $\varphi$ для $\zeta_{кв}$ в формуле $\zeta = \varphi \zeta_{кв}$ при ламинарном и переходном режимах движения .....	395
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Основные геометрические размеры насосов .....	396
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Характеристики насосов магистральных.....	397
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Характеристики подпорных насосов (вода 20 °С, $n = 1480$ об/мин).....	402
ПРИЛОЖЕНИЕ 8. Соотношение количества рабочих и резервных ГПА на КС односточных газопроводов.....	404
ПРИЛОЖЕНИЕ 9. Техническая характеристика ГПА с трубопроводом .....	405
ПРИЛОЖЕНИЕ 10. Техническая характеристика ГПА с электроприводом ....	407
ПРИЛОЖЕНИЕ 11. Техническая характеристика газомоторных поршневых ГПА .....	408
ПРИЛОЖЕНИЕ 12. Определение приведенных затрат на КС .....	409
ПРИЛОЖЕНИЕ 13. Характеристики труб для нефтепроводов и нефтебаз .....	411
ПРИЛОЖЕНИЕ 14. Нормативные номинальные значения параметров ГТУ...	413
ПРИЛОЖЕНИЕ 15. Нормативные значения потерь давления в коммуникациях КС.....	414
ПРИЛОЖЕНИЕ 16. Номограмма для определения коэффициента сжимаемости $Z$ в зависимости от давления, температуры и относительной плотности газа.....	415
ПРИЛОЖЕНИЕ 17. Характеристики центробежных нагнетателей.....	416
ПРИЛОЖЕНИЕ 18. Расчетное число рабочих дней магистральных нефтепроводов .....	424
ПРИЛОЖЕНИЕ 19. Параметры магистральных нефтепроводов.....	425