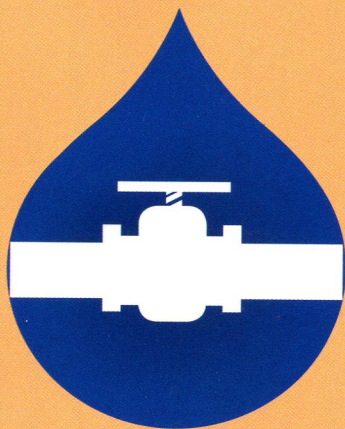


*В. В. Тетельмин
В. А. Язев*

МАГИСТРАЛЬНЫЕ НЕФТЕГАЗОПРОВОДЫ

Долгопрудный 2013



Нефтегазовая инженерия

В.В. ТЕТЕЛЬМИН

В.А. ЯЗЕВ

МАГИСТРАЛЬНЫЕ НЕФТЕГАЗОПРОВОДЫ

Рекомендовано Сибирским РУМЦ высшего профессионального образования в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по специальностям бакалавриата направления «Нефтегазовое дело»

4-е издание, дополненное

СЕРИЯ

«Нефтегазовая инженерия»



Долгопрудный
2013

УДК 547.665.9

Т 37

БК 35, 514

Рецензенты:

Заведующий кафедрой машин и оборудования нефтегазовых промыслов
Института нефти и газа Сибирского Федерального университета

профессор *П.М. Кондрашов*;

доцент кафедры технологии воды и топлива

Московского энергетического института,

кандидат технических наук *В.П. Бугров*;

профессор кафедры техники и технологии нефтегазового производства
Московского государственного открытого университета

Н.А. Артемьев

Т 37 Тетельмин В.В., Язев В.А.

Магистральные нефтегазопроводы. Учебное пособие / Тетельмин В.В.,
Язев В.А. — 4-е изд. — Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект»,
2013. — 352 с. (Серия «Нефтегазовая инженерия»).

ISBN 978-5-91559-159-1

Книга дает целостное представление о трубопроводном транспорте углеводородов. Рассмотрены основные сооружения и оборудование магистральных газо- и нефтепроводов, описаны технологические схемы насосных и компрессорных станций. Изложена сущность основных технологических процессов, связанных с перекачкой нефти и газа по магистральным трубопроводам. Приводятся основы расчетов прочности, гидравлического и теплового расчетов газо- и нефтепроводов. Рассмотрены вопросы, связанные с проектированием, строительством и эксплуатацией магистральных газонефтепроводов.

Книга адресуется студентам факультетов и колледжей нефтяных специальностей, а также работникам систем трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и природного газа.

БК 35,514

УДК 547.665.9

ISBN 978-5-91559-159-1

© 2013, Тетельмин В.В., Язев В.А.

© 2013, ООО Издательский Дом
«Интеллект», оригинал-макет

**150-летию мировой нефтедобычи
посвящается**

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	9
Глава 1. ОСНОВНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И ПОРЯДОК ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	14
1.1. Состав сооружений магистральных нефтепроводов	14
1.2. Состав сооружений магистральных газопроводов	18
1.3. Конструктивные решения магистральных трубопроводов	20
1.4. Порядок проектирования магистральных трубопроводов	22
1.5. Трубы и арматура для магистральных трубопроводов	27
Глава 2. ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ ПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ	34
2.1. Классификация и состав перекачивающих станций	34
2.2. Принцип действия центробежных нагнетателей	37
2.3. Гидравлические характеристики центробежных насосов	39
2.4. Приведенные характеристики центробежных нагнетателей газа	41
2.5. Способы изменения характеристик центробежных насосов	46
2.6. Конструкции основных магистральных и подпорных насосов	47

2.7. Схемы соединения магистральных и подпорных насосов. Рабочая точка системы	55
2.8. Приводы центробежных нагнетателей	57
2.9. Технологические схемы головных и промежуточных НПС	61
2.10. Технологические схемы компрессорных станций с центробежными нагнетателями	66
2.11. Камеры приема и пуска поточных средств	70
2.12. Вспомогательные системы насосного цеха	73
2.13. Резервуарные парки нефтеперекачивающих станций	75
2.14. Хранение и распределение газа	79
Глава 3. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ПЕРЕКАЧИВАЕМОЙ НЕФТИ	83
3.1. Состав и классификация нефти	83
3.2. Физико-химические свойства нефти	94
3.3. Подготовка нефти к транспортированию по трубам	99
3.4. Реологические уравнения состояния идеальных и реальных сред	102
3.5. Нефть как вязкопластичная жидкость	109
3.6. Реологические свойства нефти и нефтепродуктов	116
3.7. Способы улучшения реологических свойств нефти	124
3.8. Сдвиговое течение вязкопластичной нефти в трубе	127
Глава 4. НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТРУБОПРОВОДЫ. РАСЧЕТЫ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ	130
4.1. Нагрузки, воздействия и напряжения в трубопроводах	130
4.2. Расчет толщины стенок труб	133
4.3. Устойчивость подземных трубопроводов	136
4.4. Расчет балочных трубопроводов без компенсаторов	140

4.5. Расчет балочных трубопроводов с компенсаторами	143
4.6. Элементы механики хрупкого разрушения труб	145
4.7. Неразрушающий контроль трубопроводов и механика разрушения	153
4.8. Стресс-коррозия и условия ее развития	157
4.9. Усталостное распространение трещин	161

Глава 5. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА НЕФТЕПРОВОДОВ

165

5.1. Средняя скорость потока. Уравнение постоянства расхода	165
5.2. Уравнение Бернулли для стационарного потока реальной жидкости	167
5.3. Потери напора на трение и местные. Гидравлический уклон	168
5.4. Режимы течения потока жидкости	170
5.5. Коэффициент гидравлического сопротивления потока жидкости в трубе	174
5.6. Введение в поток нефти антитурбулентных присадок	175
5.7. Безнапорное течение жидкости в трубе	179
5.8. Гидравлический удар в нефтепроводах	181
5.9. Утечки через отверстие	184

Глава 6. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСЧЕТА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

193

6.1. Уравнение баланса напоров для участка нефтепровода	193
6.2. Последовательное и параллельное соединение трубопроводов	195
6.3. Самоотечные участки нефтепровода	196
6.4. Нефтепроводы с промежуточными перекачивающими станциями	199
6.5. Расстановка насосных станций по трассе нефтепровода	201
6.6. Укрупненный расчет вариантов нефтепровода	203

6.7. Последовательная перекачка углеводородов	206
6.8. Гидравлический расчет режима последовательной перекачки	210

Глава 7. ГОРЯЧАЯ ПЕРЕКАЧКА ВЫСОКОВЯЗКОЙ И ЗАСТЫВАЮЩЕЙ НЕФТИ

7.1. Особенности технологии горячей перекачки нефти	212
7.2. Теплообмен и коэффициент теплопередачи при стационарном режиме горячей перекачки	215
7.3. Распределение температуры вдоль потока транспортируемой нефти. Формула Шухова	218
7.4. Смена режимов течения в «горячем» нефтепроводе	220
7.5. Гидравлический расчет «горячего» трубопровода	221
7.6. Перекачка водонефтяных эмульсий	222
7.7. Применение депрессантов при перекачке нефти	226
7.8. Перекачка газонасыщенной нефти	228
7.9. Мазут как транспортируемая среда	232

Глава 8. ТРУБОПРОВОДНЫЙ ТРАНСПОРТ ПРИРОДНОГО ГАЗА

8.1. Основные физические свойства газов	235
8.2. Подготовка газа к транспортированию	241
8.3. Коэффициент сопротивления трения для потока газа в трубе	243
8.4. Изотермическое течение газа в трубопроводе	244
8.5. Изменение температуры газа по длине газопровода	247
8.6. Расчет газопровода в стационарном режиме работы	249
8.7. Охлаждение газа на компрессорных станциях	251
8.8. Способы интенсификации перекачки газа	252

Глава 9. СТРОИТЕЛЬСТВО ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	256
9.1. Подготовка строительного производства	256
9.2. Комплексные трубопроводостроительные потоки	258
9.3. Земляные работы	260
9.4. Сварочно-монтажные работы	262
9.5. Изоляционно-укладочные работы	267
9.6. Профилирование подземных трубопроводов	270
9.7. Переходы через естественные и искусственные преграды	274
9.8. Надземные трубопроводы	278
9.9. Гидравлические испытания трубопроводов	279
9.10. Электрохимическая защита трубопроводов от коррозии	281
Глава 10. СТРОИТЕЛЬСТВО ПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЙ	284
10.1. Состав проектного задания на строительство перекачивающих станций	284
10.2. Конструкция и компоновка зданий насосных и компрессорных цехов	285
10.3. Фундаменты и технологическая последовательность сооружения насосных и компрессорных цехов	287
10.4. Общие приемы монтажа основного оборудования насосных и компрессорных цехов	279
10.5. Особенности монтажа технологических и обвязочных трубопроводов	291
Глава 11. ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	297
11.1. Виды дефектов, неразрушающий контроль и диагностика оборудования и трубопроводов	297
11.2. Контроль работоспособности оборудования и трубопроводов	304

11.3. Техническое обслуживание и ремонт центробежных нагнетателей	311
11.4. Организация эксплуатации оборудования перекачивающих станций	315
11.5. Многоуровневая структура диспетчерской службы	319
11.6. Пуск, остановка и ведение технологического процесса перекачки	323
11.7. Рыночные аспекты эксплуатации трубопроводов	327
ТИПОВЫЕ ЗАДАЧИ ПО РАССМОТРЕННЫМ ТЕМАМ	334
ГЛОССАРИЙ	339
ПРИЛОЖЕНИЕ	
Размерности некоторых физико-механических величин	345
ЛИТЕРАТУРА	347