



МОИСЕЕВ Б.В., ЗЕМЕНКОВ Ю.Д., НАЛОБИН Н.В.,
ЗЕМЕНКОВА М.Ю., ДУДИН С.М.

МЕТОДЫ ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Под редакцией доктора технических наук,
профессора Б.В. Моисеева

МОНОГРАФИЯ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Моисеев Б.В., Земенков Ю.Д., Налобин Н.В.,
Земенкова М.Ю., Дудин С.М.

МЕТОДЫ ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Под редакцией доктора технических наук, профессора
Б.В. Моисеева

МОНОГРАФИЯ

Тюмень

«Вектор Бук»

2017

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор М.Н. Чекардовский
доктор технических наук, профессор С.Ю. Торопов

Моисеев Б.В.

Методы теплового расчета трубопроводов различного назначения: монография. Моисеев Б.В., Земенков Ю.Д., Налобин Н.В., Земенкова М.Ю., Дудин С.М. Под ред. доктора технических наук, профессора Моисеева Б.В. – Тюмень: Изд-во «Вектор Бук». – 2017. – 188 с.

ISBN 978-5-91409-413-0

В работе приведены методы теплового расчета трубопроводов различного назначения при их тепловом взаимодействии с внешней средой, приближенные и численные методы тепловых расчетов при переходных нестационарных и стационарных режимах на различных этапах освоения и эксплуатации трубопроводов в зависимости от климатических условий и способов прокладки. Подробно рассмотрены методы тепловых расчетов при проектировании систем с традиционными и специальными видами прокладки трубопроводов в северных условиях, обеспечивающими их надежность в мерзлых грунтах и сохранность природы.

Монография предназначена для специалистов, занятых проектированием, строительством и эксплуатацией систем трубопроводов, а также может быть использована преподавателями, аспирантами и студентами вузов, обучающимися по направлениям «Нефтегазовое дело» и «Физические процессы горного или нефтегазового производства».

© ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», 2017
© Авторы, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
ГЛАВА 1 ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ТРУБО- ПРОВОДОВ	4
1.1 Основы из теории теплообмена	4
1.2 Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности	6
1.3 Уравнение Ньютона-Рихмана. Дифференциальное уравнение кон- вективного теплообмена	9
1.4 Красные условия. Понятие о коэффициенте теплопередачи	12
1.5 Критериальные уравнения	15
ГЛАВА 2 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОПРОВОДОВ	19
2.1 Тепловые расчеты при надземной прокладке трубопроводов	19
2.2 Тепловые потери одиночного подземного бесканального теплопро- вода	22
2.3 Тепловые потери двухтрубного подземного бесканального тепло- провода	24
2.4 Расчет толщины тепловой изоляции по нормированной плотности теплового потока	25
ГЛАВА 3 ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРО- ВОДОВ	35
3.1 Теплофизические характеристики грунтов	37
3.2 Температурный режим грунтов	44
3.3 Геокриологические условия	45
3.4 Глубина сезонного промерзания грунтов	47
ГЛАВА 4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ГРУНТА ВОКРУГ ТЕПЛОПРОВОДОВ	51
4.1 Исследование теплового режима грунта вокруг канала действующих теплотрасс	51
4.2 Расчет температурного поля в сезоннопромерзающем грунте вокруг прямоугольного канала теплопроводов	58
4.3 Расчет талой зоны в сезонном промерзающем грунте вокруг канала теплопроводов	62
ГЛАВА 5 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ТРУБОПРОВОДОВ	66
5.1 Математическая модель температурного режима в ППУ-изоляции надземных теплопроводов	66

5.2 Математическая модель температурного режима в ППУ-изоляции теплопровода при подземной бесканальной прокладке в вечномерзлых грунтах	74
5.3 Разработка алгоритма построения температурного поля мерзлого грунта	76
5.4 Метод определения толщины изоляции, основанный на оптимизации стоимостной целевой функции	88
ГЛАВА 6 ПРОГРАММА РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА МЕРЗЛОГО ГРУНТА ВОКРУГ ТРУБОПРОВОДОВ	96
6.1 Общее описание программы	97
ГЛАВА 7 ТЕПЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ ПОДЗЕМНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ.	112
7.1 Основы тепловых расчетов нефтепроводов	112
7.2 Оптимальное управление стационарными тепловыми режимами нефтепроводов с путевым электроподогревом	126
7.3 Нестационарные тепловые режимы нефтепроводов с путевым электроподогревом	129
7.3.1 Математическая постановка задачи	130
7.4 Тепловая восприимчивость надземных нефтепроводов к случайным колебаниям температуры воздуха	136
7.5 Оценка неравномерности распределения температуры по поверхности трубы	139
Глава 8 ОСНОВЫ РАСЧЕТОВ ТЕПЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГАЗОПРОВОДОВ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ	140
8.1 Обзор исследований тепловых режимов трубопроводов	140
8.2 Внешняя задача теплообмена подземного трубопровода с окружающей средой	143
8.3 Методы решений уравнений, описывающих нестационарное неизо-термическое течение реального газа в трубопроводах	149
8.4 Приближенные аналитические решения задач	155
8.5 Тепловые расчеты подземных трубопроводов при стационарных условиях	166
8.5.1 Температурное поле грунта вокруг подземного трубопровода	166
8.5.2 Тепловые потери подземного трубопровода	168
Библиографический список	177