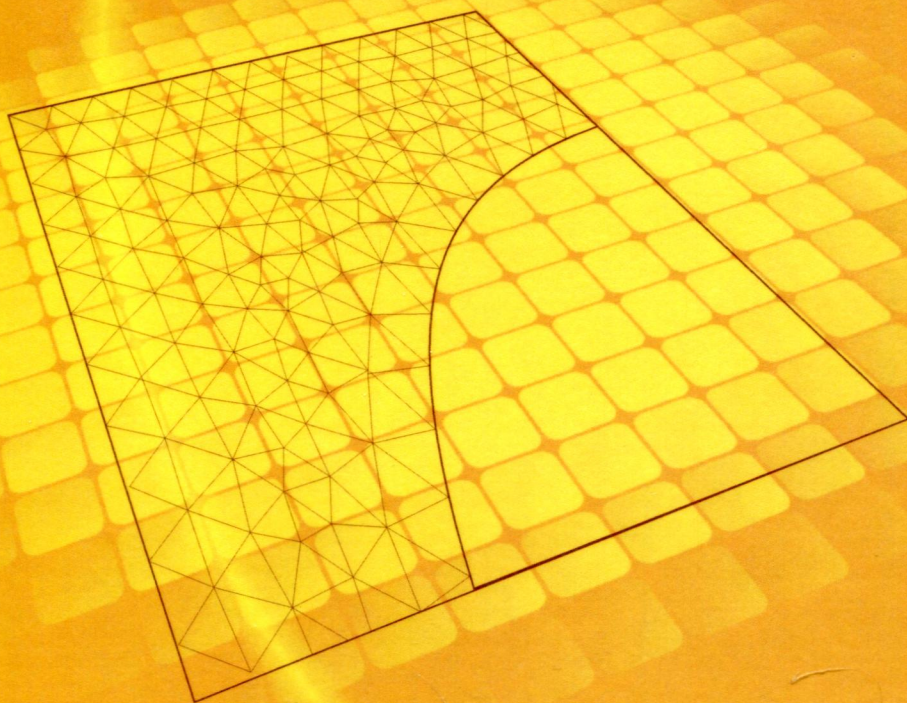


Г. В. Кузнецов, В. Ю. Половников

**ПРОЦЕССЫ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА
В КОНСТРУКЦИЯХ И ЗОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ
ПОДЗЕМНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ**



2019

Г. В. Кузнецов, В. Ю. Половников

**ПРОЦЕССЫ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА
В КОНСТРУКЦИЯХ И ЗОНАХ РАЗМЕЩЕНИЯ
ПОДЗЕМНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ**

Ответственный редактор
доктор техн. наук *А. П. Скуратов*



НОВОСИБИРСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
2019

УДК 621.1
ББК 31.3
К89



Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту № 19-18-00001, не подлежит продаже

Кузнецов Г. В. Процессы тепло- и массопереноса в конструкциях и зонах размещения подземных тепловых сетей / Г. В. Кузнецов, В. Ю. Половников; отв. ред. А. П. Скуратов. — Новосибирск: Издательство СО РАН, 2019. — 280 с.

В монографии излагаются основные результаты теоретических и экспериментальных исследований процессов тепло- и массопереноса в конструкциях и зонах размещения подземных тепловых сетей. Приводятся известные модели и теоретические следствия. Описываются современные подходы к прогностическому моделированию тепловых режимов подземных тепловых сетей.

Для специалистов в области промышленной теплоэнергетики, научных сотрудников, аспирантов и студентов старших курсов.

Р е ц е н з е н т ы:

д-р техн. наук М. И. Низовцев,

д-р техн. наук, почетный работник ТЭК РФ В. В. Саломатов

Утверждено к печати
Ученым советом Национального исследовательского
Томского политехнического университета

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1. КОНСТРУКЦИИ И НОРМАТИВНЫЙ ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ	13
1.1. Классификация и характеристики конструкций теплопроводов тепловых сетей	—
1.1.1. Классификация конструкций теплопроводов	—
1.1.2. Конструкции теплопроводов тепловых сетей	14
1.1.2.1. Общие сведения о конструкциях теплопроводов тепловых сетей	—
1.1.2.2. Подземные канальные теплопроводы	17
1.1.2.3. Бесканальные теплопроводы	19
1.1.3. Материалы и конструкции тепловой изоляции теплопроводов тепловых сетей	24
1.1.3.1. Требования, предъявляемые к тепловой изоляции теплопроводов	25
1.1.3.2. Оптическое экранирование тепловой защиты тепло- проводов	27
1.1.3.3. Применение высокоэффективной тепловой изоляции	28
1.1.3.4. Возможности применения различных теплоизоля- ционных материалов и конструкций в тепловых сетях	29
1.2. Нормативный тепловой расчет теплопроводов тепловых сетей	30
1.2.1. Основные расчетные зависимости	31
1.2.2. Методика теплового расчета теплопроводов тепловых сетей	34
1.2.3. Тепловые потери и коэффициент эффективности тепловой изоляции	37
1.2.4. Падение температуры теплоносителя по длине трубы	38
1.2.5. Выбор толщины теплоизоляционного слоя	40
1.2.6. Перспективы использования методов оценки тепловых потерь теплопроводов тепловых сетей	41
ГЛАВА 2. ТЕПЛОВЛАГОПЕРЕНОС В ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТЕПЛОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ	43
2.1. Аналитическое описание процессов теплообмена	44
2.1.1. Основные аналитические соотношения теплообмена	—
2.1.2. Термовлагодетонность, влияние влажности на теплопроводность теплоизоляционных материалов	53
2.2. Теплообмен в теплоизоляционных конструкциях бесканальных тепловых сетей	58
2.2.1. Температурно-влажностные условия эксплуатации тепловой изоляции при бесканальной прокладке теплопроводов тепловых сетей	—

2.2.2.	Совместный перенос теплоты и влаги в тепловой изоляции, граничащей с грунтом.....	62
2.2.3.	Методы расчета теплоизоляционных конструкций теплопроводов при бесканальной прокладке	65
2.3.	Тепловлагообмен в теплоизоляционных конструкциях канальных тепловых сетей.....	69
2.3.1.	Конденсация влаги на перекрытиях каналов теплопроводов тепловых сетей	71
2.3.2.	Тепловлажностный расчет вентиляции каналов теплопроводов тепловых сетей.....	72
2.3.3.	Тепловлажностный расчет строительно-изоляционных ограждений.....	75
2.3.4.	Анализ тепловых потерь канальных теплопроводов в условиях взаимодействия с влажным воздухом.....	78
2.4.	Тепловые потери канальных теплопроводов тепловых сетей в условиях затопления	83
2.4.1.	Постановка задачи теплопереноса в тепловой изоляции канальных теплопроводов, эксплуатируемых в условиях затопления	—
2.4.2.	Анализ тепловых потерь канальных теплопроводов в условиях затопления	87
2.4.3.	Анализ тепловых потерь канальных теплопроводов в условиях частичного затопления.....	91
2.4.4.	Влияние условий теплообмена на внешнем контуре тепловой изоляции на тепловые потери канальных теплопроводов в условиях затопления.....	95
2.4.5.	Тепловые потери канальных теплопроводов в условиях затопления с учетом нестационарности процесса насыщения тепловой изоляции влагой	103
2.4.6.	Влияние испарения влаги на тепловые потери канальных теплопроводов, эксплуатируемых в условиях затопления	109
2.4.7.	Водопроницаемость волокнисто-пористых теплоизоляционных материалов.....	117
2.4.8.	Оценка возможности разрушения тепловой изоляции теплопроводов, работающих в условиях периодического затопления	121
2.4.9.	Экспериментальное определение тепловых потерь теплопроводов в условиях затопления.....	123
2.5.	Режимы высыхания тепловой изоляции подземных теплопроводов тепловых сетей.....	126
2.5.1.	Режимы высыхания изоляции канальных теплопроводов	—
2.5.2.	Режимы высыхания изоляционных конструкций бесканальных теплопроводов во влажных грунтах.....	131
2.5.3.	Сушка тепловой изоляции теплопроводов, эксплуатирующихся в условиях затопления.....	132
2.5.4.	Численный анализ сушки тепловой изоляции теплопроводов	135

ГЛАВА 3. ТЕПЛОПЕРЕНОС В КОНСТРУКЦИЯХ И ЗОНАХ РАЗМЕЩЕНИИ	
ПОДЗЕМНЫХ ТЕПЛОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ	142
3.1. Аналитические решения задач о теплообмене подземных теплопроводов с окружающим их грунтом.....	—
3.1.1. Аналитическое решение задачи теплообмена бесканального теплопровода в массиве грунта.....	—
3.1.2. Аналитическое решение задачи теплообмена канального теплопровода в массиве грунта с учетом его промерзания и оттаивания.....	146
3.2. Численные решения задач теплопереноса в зонах размещения бесканальных теплопроводов тепловых сетей.....	155
3.2.1. Влияние влажности грунта на тепловые потери бесканальных теплопроводов.....	156
3.2.2. Влияние инженерных сооружений на тепловые потери бесканальных теплопроводов.....	158
3.2.3. Влияние снежного покрова и промерзания грунта на тепловые потери бесканальных теплопроводов.....	164
3.2.4. Влияние градиента температуры в грунте на тепловые потери бесканальных теплопроводов.....	169
3.2.5. Нестационарный теплоперенос в зонах размещения бесканальных теплопроводов тепловых сетей.....	175
3.3. Сопряженные задачи теплопереноса для подземных канальных теплопроводов тепловых сетей.....	184
3.3.1. Аналитические решения задач о теплообмене подземных теплопроводов с окружающим их грунтом.....	185
3.3.2. Тепловые режимы и тепловые потери однотрубных канальных теплопроводов тепловых сетей.....	191
3.3.3. Влияние радиационного теплообмена в полости однотрубного канального теплопровода на его тепловые потери.....	199
3.3.4. Оценка тепловых потерь подземных однотрубных канальных теплопроводов в условиях деформации слоя тепловой изоляции.....	203
3.3.5. Оценка тепловых потерь подземных однотрубных канальных теплопроводов в условиях разрушения слоя тепловой изоляции.....	209
3.3.6. Тепловые потери подземных однотрубных канальных теплопроводов тепловых сетей в условиях затопления с учетом конвективного движения среды в полости канала.....	214
3.3.7. Тепловые потери подземных однотрубных канальных теплопроводов тепловых сетей, эксплуатируемых без тепловой изоляции.....	217
3.3.8. Тепловые режимы и тепловые потери двухтрубных подземных канальных тепловых сетей.....	223
3.3.9. Влияние радиационного теплообмена в полости двухтрубного канального теплопровода на его тепловые потери.....	230

3.3.10. <i>Тепловые потери двухтрубных подземных канальных теплопроводов тепловых сетей в условиях затопления с учетом конвективного движения среды в полости канала</i>	235
3.3.11. <i>Влияние вида конструкции подземной канальной тепловой сети на ее тепловые режимы и тепловые потери</i>	240
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	248
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	260