

А.М. Протасевич

# **СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

Допущено  
Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для студентов  
учреждений высшего образования по специальностям  
«Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана  
воздушного бассейна», «Промышленное  
и гражданское строительство»



Минск  
«Вышэйшая школа»  
2015

**Протасевич, А. М.** Строительная теплофизика ограждающих конструкций зданий и сооружений : учебное пособие для вузов / А. М. Протасевич. — Минск : Вышэйшая школа, 2015. — 238, [1] с. : ил., табл. — Библиография в конце глав.

УДК 697.1:536(075.8)

ББК 38

**Ч/З №1 — 1 экз.**

Рассмотрены теплофизические процессы в ограждающих конструкциях зданий с учетом обеспечения микроклимата помещений при использовании систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Материал представлен на базе современных положений по технической термодинамике, тепло-массопереносу и аэродинамике. Учтены новейшие научные разработки по теплоизоляции ограждающих конструкций зданий, системам отопления и вентиляции. Приведены примеры из опыта отечественной и мировой практики. Отдельная глава посвящена теплофизике светопрозрачных ограждающих конструкций.

Для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по строительным специальностям. Может быть полезно инженернотехническим работникам, занимающимся проектированием и теплотехнической оценкой ограждающих конструкций зданий.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
<b>Введение. Предмет строительной теплофизики .....</b>	<b>4</b>
<b>Глава 1. Положения теории переноса теплоты и термодинамики влажного воздуха .....</b>	<b>6</b>
1.1. Основные понятия и определения .....	6
1.2. Теплопроводность .....	9
1.2.1. Стационарная теплопроводность .....	9
1.2.2. Нестационарная теплопроводность .....	11
1.3. Теплообмен излучением .....	13
1.4. Конвективный теплообмен .....	18
1.5. Сложный теплообмен .....	23
1.6. Теплопередача .....	24
1.7. Влажный воздух .....	26
1.7.1. Параметры влажного воздуха .....	27
1.7.2. Основные термодинамические процессы влажного воздуха .....	30
1.7.3. Измерение параметров влажного воздуха .....	31
<i>Литература .....</i>	<i>35</i>
<b>Глава 2. Теплообмен в помещении .....</b>	<b>35</b>
2.1. Тепловой режим зданий .....	35
2.2. Физиологическое воздействие тепловлажностного и воздушного режимов помещения на человека .....	36
2.3. Тепловой комфорт в помещении .....	39
<i>Литература .....</i>	<i>46</i>
<b>Глава 3. Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций. ....</b>	<b>46</b>
3.1. Общие сведения .....	46
3.2. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций .....	50
3.3. Методика расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций .....	59
3.4. Теплофизические характеристики строительных материалов. ....	69
3.5. Особенности переноса теплоты в холодный и теплый периоды года .....	73
3.6. Влияние последовательности расположения слоев материалов на температурное поле ограждений. ....	74
<i>Литература .....</i>	<i>76</i>
<b>Глава 4. Влажностный режим зданий и их ограждающих конструкций .....</b>	<b>77</b>
4.1. Общие сведения .....	77
4.2. Связь влаги со строительными материалами .....	78
4.3. Сорбция и десорбция .....	80
4.4. Перенос водяного пара через ограждающие конструкции. ....	82
4.5. Расчет влажностного состояния ограждающих конструкций .....	84

4.6. Предотвращение выпадения конденсата в ограждающих конструкциях . . . . .	88
4.7. Сушка ограждающих конструкций зданий в период эксплуатации . . . . .	89
4.8. Тепловлажностные условия эксплуатации ограждающих конструкций . . . . .	91
<i>Литература</i> . . . . .	92
<b>Глава 5. Воздухопроницаемость ограждающих конструкций зданий . . . . .</b>	<b>93</b>
5.1. Воздушный режим зданий . . . . .	93
5.2. Воздухопроницаемость материалов . . . . .	95
5.3. Воздухопроницаемость ограждений . . . . .	98
<i>Литература</i> . . . . .	105
<b>Глава 6. Расчетные температуры наружного воздуха . . . . .</b>	<b>105</b>
6.1. Общие сведения . . . . .	105
6.2. Расчетные температуры в холодный период года . . . . .	106
6.3. Расчетные температуры в теплый период года . . . . .	108
<i>Литература</i> . . . . .	112
<b>Глава 7. Расчет температурных полей ограждающих конструкций . . . . .</b>	<b>112</b>
7.1. Общие сведения . . . . .	112
7.2. Решение нестационарных задач теплопроводности . . . . .	114
7.3. Решение стационарных задач теплопроводности . . . . .	119
7.4. Метод электротепловой аналогии . . . . .	123
<i>Литература</i> . . . . .	124
<b>Глава 8. Теплоустойчивость ограждающих конструкций в помещениях зданий . . . . .</b>	<b>124</b>
8.1. Теплоусвоение материалов . . . . .	124
8.2. Теплоусвоение внутренней поверхности ограждения . . . . .	126
8.3. Теплоустойчивость наружного ограждения при внешних воздействиях . . . . .	132
8.4. Теплоусвоение поверхности полов . . . . .	135
8.5. Теплоустойчивость помещений . . . . .	138
<i>Литература</i> . . . . .	140
<b>Глава 9. Проектирование теплозащиты наружных ограждающих конструкций . . . . .</b>	<b>141</b>
<i>Литература</i> . . . . .	149
<b>Глава 10. Перенос теплоты через светопрозрачные ограждения . . . . .</b>	<b>149</b>
10.1. Общие сведения . . . . .	149
10.2. Теплофизические особенности современных окон и светопрозрачных конструкций . . . . .	153
10.3. Особенности тепловлажностного режима современных оконных заполнений . . . . .	163
<i>Литература</i> . . . . .	171

<b>Глава 11. Теплотехнические особенности отдельных частей зданий</b> . . . . .	172
11.1. Перенос теплоты в замкнутых воздушных прослойках . . . . .	172
11.2. Перенос теплоты в вентилируемых воздушных прослойках . . . . .	176
11.3. Перенос теплоты через угловые сопряжения наружных стен . . . . .	179
11.4. Стыковые соединения панелей наружных стен здания . . . . .	181
<i>Литература</i> . . . . .	184
<b>Глава 12. Повышение теплозащитных качеств ограждающих конструкций путем их дополнительной теплоизоляции</b> . . . . .	184
12.1. Общие сведения . . . . .	184
12.2. Легкая штукатурная система теплоизоляции . . . . .	186
12.3. Тяжелая штукатурная система теплоизоляции . . . . .	189
12.4. Вентилируемая система теплоизоляции . . . . .	190
<i>Литература</i> . . . . .	197
<b>Глава 13. Оценка теплотехнических характеристик ограждающих конструкций зданий</b> . . . . .	198
13.1. Общие сведения . . . . .	198
13.2. Изучение температурных полей ограждающих конструкций зданий в ИК-лучах . . . . .	199
13.3. Методические особенности термографирования ограждающих конструкций зданий . . . . .	203
13.4. Определение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий . . . . .	205
13.4.1. Проведение исследований в натуральных условиях . . . . .	205
13.4.2. Экспериментальная оценка теплового и влажностного режимов ограждающих конструкций . . . . .	207
13.4.3. Контактные методы определения удельной мощности теплового потока через ограждающие конструкции . . . . .	208
13.4.4. Развитие контактных методов теплотехнических исследований ограждающих конструкций зданий . . . . .	214
<i>Литература</i> . . . . .	216
<b>Приложения</b> . . . . .	218
<i>Приложение А. Значения коэффициентов теплотехнической однородности для наружных стен</i> . . . . .	218
<i>Приложение Б. Сопротивление воздухопроницанию материалов конструкций (СП 23-101-2004)</i> . . . . .	222
<i>Приложение В. Расчетные величины сопротивления паропрооницанию изделий из минеральной ваты</i> . . . . .	223
<i>Приложение Г. Удельные потери давления на трение <math>R_p</math>, Па/м, при движении воздуха в прослойках</i> . . . . .	223
<i>Приложение Д. Расчетные теплотехнические показатели строительных материалов (СНиП II-3-79)</i> . . . . .	224