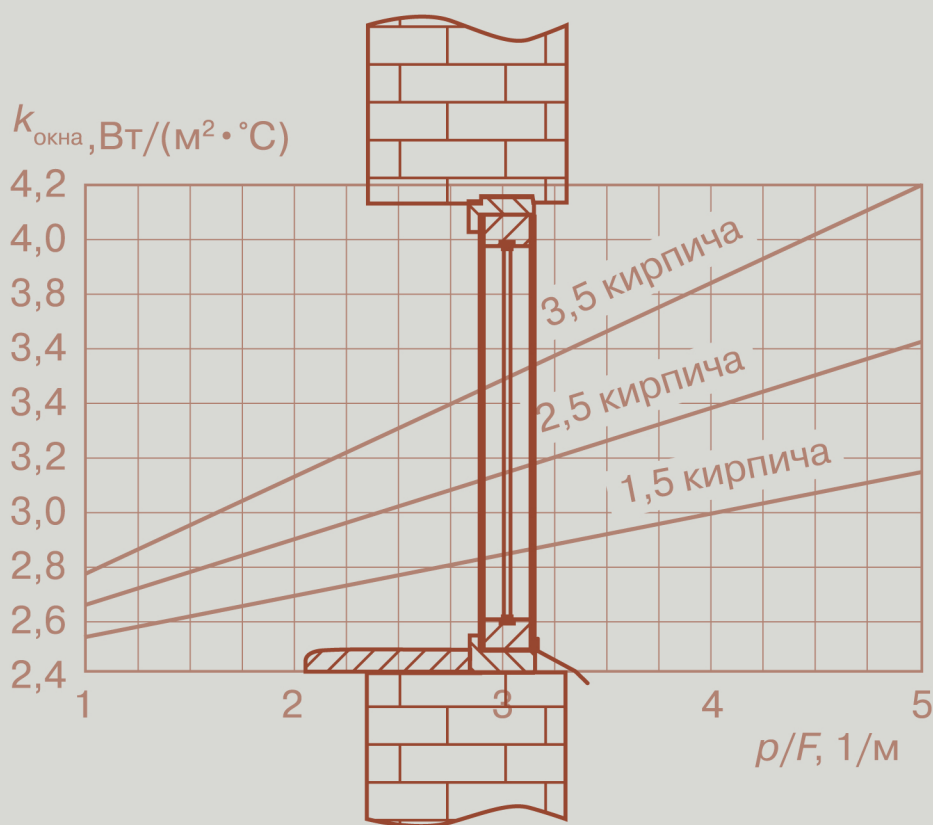


Строительная теплотехника ограждающих частей зданий



Техническая библиотека НП «АВОК»

К. Ф. Фокин

Строительная теплотехника ограждающих частей зданий

5-е издание, пересмотренное

Москва
«АВОК-ПРЕСС»
2006

УДК 699.8:621.18
ББК 38.637
Ф 75

**Выражаем благодарность партнеру
по изданию книги — фирме «Арктика»**



Научные редакторы: Ю. А. Табунщиков, В. Г. Гагарин

Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / Под ред. Ю. А. Табунщикова, В. Г. Гагарина. — 5-е изд., пересмотр. — М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. — 256 с. — 5000 экз. — ISBN 5-98267-023-5.

Книга содержит подробное изложение теплотехнических свойств строительных материалов, теплопередачи при стационарном тепловом потоке, расчета плоских и пространственных температурных полей, воздухопроницания ограждений, особенностей теплотехнического режима отдельных частей наружных ограждений, влажностного режима ограждений при увлажнении их жидкой и парообразной влагой. Изложение поясняется большим количеством числовых примеров.

Книга адресована специалистам в области проектирования, преподавателям и студентам инженерно-строительных и архитектурных вузов.

Содержание

От редакции	5
Об авторе	8
Введение	10
Основные буквенные обозначения	12
Часть I. Теплопередача.....	15
Глава 1. Основные понятия и уравнения теплопередачи	15
1. Теплопроводность	16
2. Теплопередача конвекцией	19
3. Теплопередача излучением	20
Глава II. Теплотехнические свойства строительных материалов	23
1. Пористость и плотность.....	23
2. Влажность.....	24
3. Теплопроводность	25
4. Теплоемкость	33
5. Тепловое излучение	34
Глава III. Теплопередача при стационарном тепловом потоке	35
1. Расчет сопротивления теплопередаче ограждений.....	36
2. Расчет температуры в ограждении	50
3. Расчет температуры внутренней поверхности ограждения при интенсивном излучении	55
4. Воздушные прослойки	62
5. Нормирование сопротивления теплопередаче наружных ограждений	68
Глава IV. Температурные поля и их расчет	71
1. Плоское температурное поле	71
2. Пространственное температурное поле	80
3. Электромоделирование температурных полей	87
Глава V. Теплопередача при нестационарном тепловом потоке	89
1. Метод конечных разностей	89
2. Моделирование процессов теплопередачи в нестационарных условиях.....	101
3. Теплоусвоение	103
4. Теплоустойчивость	111
5. Воздействие солнечной радиации	120

Глава VI. Воздухопроницание	131
1. Воздухопроницаемость материалов.....	134
2. Воздухопроницаемость ограждений.....	136
3. Расчет ограждений с вентилируемой воздушной прослойкой	143
Глава VII. Теплотехнические особенности отдельных частей наружных ограждений.....	149
1. Наружные углы стен.....	149
2. Карнизные узлы	153
3. Цокольные узлы	156
4. Стыки наружных стеновых панелей.....	156
5. Теплопроводные включения	160
6. Оконные проемы.....	162
Часть II. Влажностный режим.....	167
Глава VIII. Общие понятия о влажностном режиме наружных ограждений	167
1. Значение влажностного режима наружных ограждений	167
2. Причины появления влаги в наружных ограждениях	168
Глава IX. Конденсация и сорбция водяного пара	171
1. Влажность воздуха.....	171
2. Конденсация влаги на поверхности ограждения	175
3. Меры против конденсации влаги на поверхности ограждения	176
4. Сорбция и десорбция	177
Глава X. Перемещение в ограждении парообразной влаги	182
1. Паропроницаемость.....	182
2. Расчет влажностного режима при стационарных условиях диффузии водяного пара	186
3. Расчет влажностного режима при нестационарных условиях диффузии водяного пара	194
4. Меры против конденсации влаги в ограждении	204
5. Влажностный режим бесчердачных покрытий	207
Глава XI. Перемещение в ограждении жидкой влаги	212
1. Перемещение влаги в строительных материалах	213
2. Расчет влажностного режима ограждения при перемещении в нем жидкой влаги.....	217
3. Расчет совместного перемещения влаги в жидкой и в парообразной фазах	224
Список литературы	239
Приложения. Справочные таблицы.....	241

От редакции

Почему мы пришли к убеждению о необходимости переиздания книги Константина Федоровича Фокина «Строительная теплотехника ограждающих частей зданий»

Четвертое издание книги, вышедшее в 1973 г. тиражом 14000 экземпляров, разошлось буквально в течение двух месяцев и сегодня является библиографической редкостью. Ее с большим интересом и пользой читают специалисты различных профессиональных уровней и интересов: проектировщики, научные сотрудники от аспирантов до профессоров, студенты, специалисты смежных профессий. Каждая категория читателей находит в ней много поучительного, в том числе в примерах выбора правильного решения и объяснения сложных явлений теплообмена, происходящих в ограждающих частях здания.

Столь большой успех книги вызван, по нашему мнению, следующими обстоятельствами:

- автор являлся талантливым ученым, обладавшим уникальным опытом реализации основных положений прикладной науки на многочисленных строительных объектах, которыми была богата строительная индустрия довоенного и послевоенного периодов;
- автор был большим мастером создания инженерных методов расчета и оценок теплотехнических показателей ограждающих конструкций. Эти методы, иллюстрированные примерами, составляют большую часть книги;
- автор блестяще владел литературным даром, позволившим донести до читателей в понятной форме сложные процессы;
- в основу книги были положены лекции, которые автор читал в Московском инженерно-строительном и архитектурном институтах;
- в приложении к книге содержатся расчетные и экспериментально определенные значения теплофизических показателей строительных материалов, некоторые из которых представлены только в данной книге. С учетом известной тщательности автора при проведении экспериментов и обработке данных эти значения и сейчас используются в качестве образцовых.

Конечно, за 33 года, прошедших со дня выхода четвертого издания книги, в строительстве произошло много принципиальных изменений. Появились здания нового функционального назначения, новые конструкции стен, окон и т. д. Значительное развитие получили теоретические вопросы, огромную роль для проведения расчетов и проектирования сыграли компьютерные технологии.

И все же какие бы успехи не делала теория строительной теплотехники, а также методы расчета и проектирования, основанные на применении самой совершенной компьютерной техники, все еще остаются необходимыми, а подчас играют решающую роль традиционные инженерные методы и приемы, использующие накопленный опыт и понимание.

Чтобы по-настоящему быть полезной специалистам, ведущим конкретные исследования, книга должна содержать практические примеры применения теории. И чем больше таких примеров, тем больше ценность книги для инженеров. В этом отношении книга К. Ф. Фокина не имеет аналогов в отечественной литературе и отвечает самым требовательным практическим запросам.

Главная проблема переиздания

Хорошо написанная книга, как правило, выдерживает два или более переизданий. Принимая решение о переиздании, автор обычно сталкивается с необходимостью переработки ряда глав или разделов книги с целью приведения их в соответствие с новыми теоретическими разработками и необходимостью учета развития строительной индустрии и инженерного оборудования зданий. Каким бы замечательным произведением не являлась книга, ее частичная переработка является неизбежной. Написанное выше относится в полной мере и к книге К. Ф. Фокина, в которой, например, полностью устарели параграф 3 главы IV и параграф 2 главы V. Будь жив автор, он бы выполнил эту работу с присущим ему талантом. Если бы этот труд взяли на себя научные редакторы, то это была бы уже другая книга, написанная не только Константином Федоровичем Фокиным. И неизвестно, сохранила бы она существующую ценность и привлекательность. Есть еще другой путь — сделать многочисленные комментарии к устаревшему материалу книги. Но эти комментарии могли бы снизить ценность оригинального текста. И в этом случае это была бы уже другая книга. Поэтому было принято решение о полном сохранении авторского текста с минимальным количеством комментариев и заменой технической системы единиц на систему единиц, применяемую в современном строительстве (СН 528—80 «Перечень единиц физических величин, подлежащих применению в строительстве»). Последнее обстоятельство гармонизирует примеры книги для современного восприятия.

Особенности редактирования пятого издания

Основная трудоемкость редактирования пятого издания книги оказалась связанной с перерасчетом многочисленных примеров, представленных в технической системе единиц, в систему единиц, применяемую в современном строительстве.

Примерам, содержащимся в четвертом издании книги, присущи следующие особенности:

- одно и то же конструктивное решение фигурирует в нескольких примерах, например, в расчете сопротивления теплопередачи, затем требуемого сопротивления теплопередаче и, наконец, в расчете теплоустойчивости;
- в ряде случаев дается процентная оценка расхождения результатов расчетов или результаты расчетов сравниваются с требуемыми значениями по санитарно-гигиеническим условиям.

Перевод теплотехнических показателей из технической системы единиц в современную систему единиц выполнялся путем их умножения на соответствующие коэффициенты. В технической системе коэффициент теплопроводности измеряется в $\text{ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$. Для перехода в современную систему единиц, в которой этот коэффициент измеряется в $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, необходимо значение коэффициента теплопроводности умножить на 1,163. Например, значение коэффициента теплопроводности железобетона в технической системе единиц равно $1,4 \text{ ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$, а в современной системе единиц при умножении на 1,163 и последующем округлении будет равно $1,63 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$. Использование в примерах округленных значений в ряде случаев приводит к тому, что конечный результат расчета в той или иной степени отличается от результатов расчета в четвертом издании книги. Кроме того, такое применение переводных коэффициентов привело к тому, что в некоторых случаях появились дополнительные коэффициенты в уравнениях, использованных автором для описания процессов, например, в уравнении (92).

Проведенный анализ показал: для того чтобы результаты расчетов, представленных в четвертом издании в технической системе единиц, совпадали с результатами расчетов, представленных в пятом издании в современной системе единиц, необходимо расчеты производить с большей степенью точности, чем это принято в практике, т. е. с большим количеством знаков после запятой. Однако, если производить

вычисление с помощью электронной вычислительной техники без вывода промежуточных результатов, этой проблемы можно избежать.

Еще одна проблема переиздания была связана с тем, что со времени опубликования четвертого издания книги изменились нормативная база и принцип нормирования теплозащиты зданий, которые в настоящее время представлены, например, в СНиП «Тепловая защита зданий». В пятом издании были сохранены ссылки на действующие в тот период нормативные документы: СНиП «Строительная климатология» и «Строительная теплотехника».

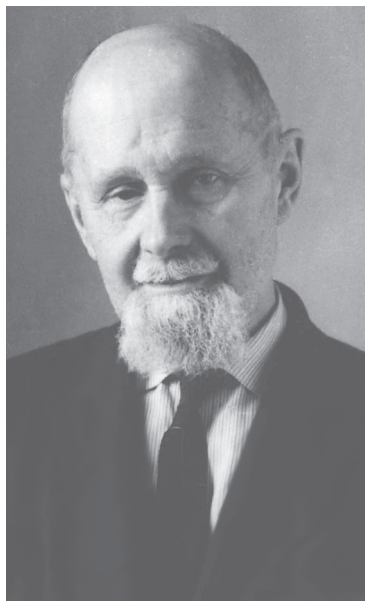
Научные редакторы надеются, что пятое издание книги Константина Федоровича Фокина «Строительная теплотехника ограждающих частей зданий» будет востребовано самым широким кругом специалистов и явится скромной данью признательности и уважения, которую заслуживает этот выдающийся отечественный деятель науки.

Научные редакторы далеки от мысли, что их работа свободна от недостатков, которые может обнаружить внимательный читатель, и с благодарностью примут все замечания, комментарии и оценки.

Здесь мы имеем приятную возможность выразить глубокую благодарность сотруднику кафедры «Отопление и вентиляция» МГСУ А. С. Маркевичу за большую помощь в работе над пятым изданием.

*Научные редакторы пятого издания:
член-кор. РААСН, д-р техн. наук, профессор Ю. А. Табунчиков,
д-р техн. наук, профессор В. Г. Гагарин*

Об авторе



Константин Федорович Фокин родился 29 мая 1896 г. в г. Иваново-Вознесенске в семье служащего одной из ткацких фабрик. Впоследствии на вопрос анкеты «социальное происхождение» он отвечал: «потомственный гражданин». В 1906 г. он поступил и в 1913 г. окончил Иваново-Вознесенское реальное училище. В том же году был принят в число студентов МВТУ на механическое отделение. В 1916 г. с 4-го курса Константин Федорович был призван на военную службу. После демобилизации в 1918 г. он работал техником на строительстве железной дороги Казань—Екатеринбург, затем техником участка Службы Пути в Пермской губернии. В июле 1922 г. был переведен техником на городской участок Службы Пути в Москву. В это же время Константин Федорович возобновляет учебу в МВТУ, но на инженерно-строительном факультете. В 1924 г. по семейным обстоятельствам он ушел с 5-го курса училища, «почти окончив курс инженерно-строительного факультета, но не получив диплома».

С 1923 г. Константин Федорович работал в области жилищного строительства: сметчиком в Государственной центральной строительной конторе «Госстрой», с мая 1924 г. — инженером сметно-контрольной части акционерного строительного общества «Стандарт», с мая 1926 по июль 1927 г., конструктором жилищно-строительного кооператива «Научные работники».

В июле 1927 г. Константин Федорович начал работать в Государственном институте сооружений (впоследствии ЦНИПС) в должности младшего научного сотрудника, а с 1932 г. в должности старшего научного сотрудника. В июне 1938 г. ему было присвоено ученое звание старшего научного сотрудника. Через год (в мае 1939 г.) Константин Федорович защитил в МИСИ им. В. В. Куйбышева (в настоящее время — МГСУ) кандидатскую диссертацию на тему «К вопросу об увлажнении строительных материалов в наружных ограждениях зданий». В октябре 1955 г. на ученом совете ЦНИПС он защитил докторскую диссертацию «Строительная теплотехника ограждающих частей зданий».

В период работы в ЦНИПС Константином Федоровичем были выполнены основополагающие работы по строительной теплотехнике. Были организованы и проведены натурные теплофизические исследования в жилых домах, разработаны методы расчета влажностного режима ограждающих конструкций и методики экспериментального определения необходимых влажностных характеристик строительных материалов, разработаны методы расчета и проведены исследования температурных полей узлов ограждающих конструкций, предложена методика определения расчетных зимних температур наружного воздуха. Проведены экспериментальные исследования теплофизических свойств многих строительных материалов.

Полученные Константином Федоровичем результаты до настоящего времени представлены в нормативных документах. Проведенные им исследования послужили основой теории конструирования ограждающих конструкций зданий и сделали имя ученого широко известным инженерам-строителям.

Все труды Константина Федоровича были значимы для развития строительной теплофизики. Подводя итог почти 30-летней работы в ЦНИПС, он писал: «Имею 24 печатных научных труда по вопросам строительной теплотехники», «30 научно-технических отчетов в виде рукописей», «основной труд — книга “Строительная теплотехника ограждающих частей зданий”».

Параллельно с научно-исследовательской работой Константин Федорович преподавал дисциплину «Строительная теплотехника» с 1928 по 1937 гг. в МИСИ им. В. В. Куйбышева и с 1936 по 1946 гг. в МАРХИ в качестве доцента.

С 1 января 1957 г. Константин Федорович вместе с лабораторией был переведен в только что образованный НИИ Строительной физики и ограждающих конструкций академии строительства и архитектуры СССР. Однако в апреле того же года он перешел в НИИ Мосстроя. В этом институте он работал до конца жизни (умер в 1972 г.) — сначала в должности старшего научного сотрудника, а затем заведующего сектором.

Как подлинный ученый К. Ф. Фокин всегда стремился, чтобы основные положения прикладной науки органически сочетались с практикой, проверявшей развиваемые теории. Он участвовал в разработке ограждающих конструкций уникальных зданий в Москве: Кремлевского Дворца съездов, высотных зданий, а также гостиниц «Россия», «Националь», института «Гидропроект» и др. Огромный практический опыт ученого использовался при разработке проектов сохранности мемориальных комплексов и памятников старины: Останкинского дворца, кремля во Владимире и др. Он активно сотрудничал в научно-техническом совете Министерства культуры СССР по охране памятников.

Начиная с 1928 г. К. Ф. Фокин являлся членом ученых советов ряда вузов, научно-исследовательских, проектных и строительных организаций: МИСИ им. В. В. Куйбышева, ЦНИПС, ЦНИИ МПС, НИИСФ, МНИИТЭП, Моспроекта, НИИ Мосстроя, Главмосстроя и др.

Единственный сын Константина Федоровича — курсант военного училища — погиб в 1941 г. при обороне Ленинграда. В годы Великой Отечественной войны Константин Федорович участвовал в проектировании оборонных объектов. Его работы были отмечены высокими Правительственными наградами. В 1953 г. он был награжден орденом Ленина.

Константин Федорович Фокин является одним из основателей строительной теплофизики. Он жил и работал в период становления этой отрасли науки. По некоторым вопросам возникали острые споры. При отстаивании своей позиции Константин Федорович всегда проявлял самоотверженность и принципиальность.

Работы Константина Федоровича принесли ему мировую известность и наряду с работами других советских ученых закрепили мировой приоритет отечественной школы строительной теплофизики.

Введение

Строительная теплотехника занимается изучением теплопередачи и воздухопроницания через ограждающие конструкции зданий, а также влажностного режима ограждающих конструкций, связанного с процессами теплопередачи.

Знание строительной теплотехники необходимо строителям для рационального проектирования наружных ограждающих конструкций. Особенно большое значение имеет знание строительной теплотехники для современного строительства, в котором широко применяются сборные облегченные конструкции из новых эффективных материалов.

От теплотехнических качеств наружных ограждений зданий зависят: а) в отапливаемых зданиях — количество теплоты, теряемой зданием в зимний период; б) в холодильниках — количество холода, теряемого в летнее время, а следовательно, необходимая мощность холодильной установки и стоимость эксплуатации холодильника; в) постоянство температуры воздуха в здании во времени при неравномерной отдаче теплоты системой отопления; г) защита здания от перегрева в летнее время; д) температура внутренней поверхности ограждения, гарантирующая от образования на ней конденсата; е) влажностный режим ограждения, влияющий на теплозащитные качества ограждения и его долговечность.

Только ясное представление о процессах, происходящих в ограждениях при теплопередаче, и умение пользоваться соответствующими расчетами дают возможность проектировщику обеспечить требуемые теплотехнические качества наружных ограждающих конструкций.

Строительная теплотехника как раздел строительной физики создана в СССР в первой половине XX в. советскими учеными, работы которых обеспечили нашей стране приоритет и ведущее положение в мировой науке. Книга проф. В. Д. Мачинского «Теплотехнические основы гражданского строительства», вышедшая в 1925 г., была первой работой по строительной теплотехнике. Большое влияние на развитие строительной теплотехники оказали работы проф. О. Е. Власова, особенно его труд о теплоустойчивости ограждающих конструкций и исследования влажностного режима. На базе теории теплоустойчивости О. Е. Власова канд. техн. наук А. М. Шкловер разработал метод расчета затухания температурных колебаний в ограждении и колебаний температуры воздуха в здании, а проф. Л. А. Семенов — практический метод расчета колебаний температуры воздуха в помещении при печном отоплении.

Практический метод расчета влажностного режима ограждений при увлажнении их парообразной и жидкой влагой, метод расчета температурных полей в ограждающих конструкциях, методика определения расчетных температур наружного воздуха разработаны автором книги. Канд. техн. наук Р. Е. Брилинг разработал вопросы воздухопроницания ограждений, а также миграции влаги в строительных материалах. Разработке теории проектирования ограждающих конструкций, а также созданию основ строительной климатологии и климатического районирования территории СССР посвящены работы проф. В. М. Ильинского. Большой вклад в строительную теплотехнику внесли работы д-ров техн. наук В. Н. Богословского, Ф. В. Ушкова, А. У. Франчука.

В книге для пояснения изложенных методов расчета приводится большое количество числовых примеров. В этих примерах рассматриваются современные конструкции крупнопанельных зданий и конструкции с применением кирпича, мелкоразмерных штучных материалов и древесины, освоенных и ставших в городском строительстве традиционными, а в условиях широкого развития сельского строительства приобретающие особое значение. В методическом отношении эти примеры подобраны так, что могут быть использованы при теплотехнических расчетах и оперативной оценке новых конструктивных решений ограждений с применением высокоэффективных утеплителей. На основании результатов числовых примеров могут быть установлены общие принципы конструирования ограждений, обладающих необходимой экономичностью и долговечностью.

Научное издание

Фокин Константин Федорович

Строительная теплотехника ограждающих частей зданий

Научный руководитель проекта и главный редактор *М. М. Бродач*

Ответственный за производство *А. Н. Галуша*

Редактор *П. А. Корсунская*

Корректор *К. Н. Хацко*

Дизайн обложки *В. И. Ткач*

Компьютерная верстка *Г. Р. Арифудин*

ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС»

107031, Москва, ул. Рождественка, д. 11, «АВОК-ПРЕСС»

www.abok.ru, e-mail: book@abok.ru

Тел. (495) 621-80-48

Подписано в печать 19.09.2006. Бумага офсетная. Гарнитура Ньютон.

Печать офсетная. Тираж 5000 экз. Заказ

Отпечатано в ОАО «Ярославский полиграфкомбинат»

150049, г. Ярославль, ул. Свободы, д.97

Книга содержит подробное изложение теплотехнических свойств строительных материалов, теплопередачи при стационарном тепловом потоке, расчета плоских и пространственных температурных полей, воздухопроницания ограждений, особенностей теплотехнического режима отдельных частей наружных ограждений, влажностного режима ограждений при увлажнении их жидкой и парообразной влагой. Изложение поясняется большим количеством числовых примеров.

Книга адресована специалистам в области проектирования, преподавателям и студентам инженерно-строительных и архитектурных вузов.

ISBN 5-98267-023-5



9 785982 670236 >