

**Б.М. Красновский**

---

**ПРОМЫШЛЕННОЕ  
И ГРАЖДАНСКОЕ  
СТРОИТЕЛЬСТВО**

---

**в задачах  
с решениями**



**Б. М. КРАСНОВСКИЙ**

**ПРОМЫШЛЕННОЕ И  
ГРАЖДАНСКОЕ  
СТРОИТЕЛЬСТВО**

**В ЗАДАЧАХ  
С РЕШЕНИЯМИ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ  
по образованию в области строительства в качестве учебного пособия  
для системы профессиональной переподготовки по направлению  
«Промышленное и гражданское строительство»*



Издательство АСВ  
Москва 2013

***Рецензенты:***

Член-корреспондент РААСН, доктор технических наук,  
профессор, Заслуженный деятель науки РФ,  
заведующий кафедрой Технологии строительного производства ЮУрГУ  
***С.Г. Головнев***

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой  
Строительных конструкций и инженерных сооружений ЮУрГУ  
***В.Ф. Сабуров***

Доктор экономических наук, профессор, вице-президент международной  
Академии инвестиций и экономики строительства, профессор ВГУ,  
исполнительный директор СРО НП  
«Объединение проектировщиков Владимирской области»  
***Б.В. Генералов***

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой  
Организации строительного производства МГСУ  
***П.П. Олейник***

***Красновский Б.М.*** Промышленное и гражданское строительство  
в задачах с решениями. – Москва: Издательство АСВ, 2013 – 624 с.,  
табл., илл.

ISBN 978-5-93093-925-5

Учебное пособие ставит целью ознакомить читателя с теоретическими основами и алгоритмами решения типовых задач промышленного и гражданского строительства, охватывающими основной круг вопросов, составляющих «образовательный фон» специалиста-строителя. Рассматриваются задачи по курсам «Архитектура», «Строительные материалы», «Строительные конструкции», «Основания и фундаменты», «Технология строительства», «Организация строительства» и «Экономика строительства».

Каждый раздел включает в себя теоретическую, нормативную и методическую часть с подробными решениями. Всего рассмотрено и решено 76 различных задач строительного производства.

Пособие рекомендуется слушателям системы профессиональной переподготовки по направлению «Промышленное и гражданское строительство», а также инженерно-техническим работникам строительных организаций и студентам строительных вузов.

ISBN ISBN 978-5-93093-925-5

© Красновский Б.М., 2013  
© Издательство АСВ, 2013

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>Предисловие .....</b>	<b>7</b>
<b>Глава I. Архитектура (строительная теплофизика) .....</b>	<b>9</b>
§1.1. Строительная теплофизика .....	10
§1.2. Расчет сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции .....	12
§1.3. Проверка наружных ограждений на возможность конденсации влаги на их внутренней поверхности .....	24
§1.4. Проверка ограждающей конструкции на возможность конденсации влаги в ее толще .....	30
§1.5. Расчет влияния теплопроводных включений в ограждающей конструкции .....	49
§1.6. Расчет теплоустойчивости ограждающих конструкций .....	58
§1.7. Расчет теплоусвоения поверхности полов .....	71
<b>Глава II. Строительные материалы (технология бетона) .....</b>	<b>78</b>
Введение .....	79
§2.1. Вяжущие вещества .....	81
2.1.1. Общие сведения .....	81
2.1.2. Портландцемент .....	83
2.1.3. Формирование структуры цементного камня .....	86
2.1.4. Технические характеристики портландцемента .....	93
§2.2. Материалы для бетона .....	95
§2.3. Бетонная смесь .....	106
§2.4. Основной закон прочности бетона .....	115
§2.5. Проектирование состава бетона по заданным параметрам .....	122
§2.6. Проектирование состава раствора .....	131
§2.7. Подбор составов бетонов и растворов с пластифицирующими добавками (справочно) .....	135
<b>Глава III. Строительные конструкции .....</b>	<b>139</b>
§3.1. Строительные конструкции и их расчетное представление .....	140
§3.2. Основы расчета строительных конструкций по предельным состояниям .....	144
§3.3. Расчет строительных конструкций, работающих на сжатие .....	147
3.3.1. Общие положения .....	147
3.3.2. Расчет стальных колонн .....	152
3.3.3. Расчет деревянных колонн (стоек) .....	162
3.3.4. Расчет кирпичных колонн (столбов) .....	172
3.3.5. Расчет центрально-сжатых железобетонных колонн .....	192
§3.4. Расчет конструкций, работающих на изгиб .....	202
3.4.1. Общие положения .....	202

3.4.2. Расчет стальных балок.....	209
3.4.3. Расчет деревянных балок .....	215
3.4.4. Расчет железобетонных балок и плит .....	222
3.4.4.1. Общие принципы расчета .....	222
3.4.4.2. Расчетная схема балки с одиночным армированием.....	224
3.4.4.3. Расчет прямоугольной железобетонной балки по прочности нормального сечения с одиночным армированием .....	230
3.4.4.4. Расчет прямоугольной железобетонной балки по прочности нормального сечения с двойным армированием.....	246
3.4.4.5. Расчет железобетонных элементов таврового профиля по прочности нормального сечения с одиночным армированием .....	252
3.4.4.6. Понятие о расчете предварительно напряженных железобетонных элементов.....	264
<b>ГЛАВА IV. Основания и фундаменты.....</b>	<b>271</b>
§4.1. Общие сведения о грунтах оснований и фундаментах .....	272
§4.2. Назначение глубины заложения подошвы фундаментов .....	282
§4.3. Определение размеров подошвы жестких фундаментов .....	287
§4.4. Расчет осадок фундаментов мелкого заложения .....	289
§4.5. Расчет конструкции фундамента по материалу .....	295
§4.6. Свайные фундаменты.....	307
4.6.1. Общие сведения о сваях .....	307
4.6.2. Взаимодействие свай с окружающим грунтом .....	310
4.6.3. Расчет несущей способности свай.....	313
4.6.3.1. Расчет несущей способности свай-стоек .....	313
4.6.3.2. Расчет несущей способности висячих свай.....	315
4.6.3.3. Расчет осадок свайного фундамента .....	320
<b>ГЛАВА V. Технология строительства .....</b>	<b>329</b>
Раздел 5.1. Земляные работы .....	330
5.1.1. Расчет профиля равноустойчивого откоса.....	331
5.1.2. Расчет возможности обратной засыпки по активному давлению грунта на вертикальную стенку .....	336
5.1.2.1. Засыпка сыпучим грунтом ( $c = 0$ ).....	336
5.1.2.2. Засыпка сыпучим грунтом ( $c = 0$ ) с равномерно распределенной нагрузкой $q$ по поверхности грунта .....	339
5.1.2.3. Засыпка связным грунтом ( $c > 0$ ) .....	342
5.1.2.4. Засыпка связным грунтом ( $c > 0$ ) с равномерно распределенной нагрузкой $q$ по поверхности грунта .....	347

Раздел 5.2. Расчет технических параметров самоходного стрелового крана.....	351
Раздел 5.3. Бетонные работы.....	358
5.3.1. Повышение подвижности бетонной смеси на площадке добавлением дополнительного количества воды.....	359
5.3.2. Зимнее бетонирование.....	363
5.3.2.1. Влияние отрицательных температур на твердение бетона в раннем возрасте.....	363
5.3.2.2. Общие принципы зимнего бетонирования.....	368
5.3.2.3. Метод термоса.....	374
5.3.2.4. Электропрогрев.....	383
5.3.2.5. Прогрев бетона греющими проводами.....	395
5.3.3. Режим остывания железобетонных конструкций после прогрева.....	401
5.3.3.1. Общие вопросы.....	401
5.3.3.2. Расчет температуры и продолжительности остывания конструкций типа «неограниченная пластина».....	405
5.3.3.3. Расчет температуры и продолжительности остывания конструкций типа «протяженный прямоугольный брус».....	420
<b>ГЛАВА VI. Организация строительства.....</b>	<b>430</b>
Раздел 6.1. Сетевое моделирование.....	431
6.1.1. Общие положения.....	431
6.1.2. Элементы сетевого графика и порядок его построения.....	433
6.1.3. Временные параметры сетевого графика.....	436
6.1.4. Методы построения сетевых графиков.....	437
6.1.4.1. Расчет сетевого графика по методу «вершины – события».....	438
6.1.4.2. Расчет сетевого графика по секторному методу непосредственно на графике.....	440
6.1.4.3. Расчет сетевого графика по методу записи дробей.....	443
6.1.4.4. Корректировка сетевого графика.....	444
6.1.5. Порядок разработки сетевого графика строительства.....	446
Раздел 6.2. Транспортная задача.....	477
6.2.1. Общие положения.....	477
6.2.2. Модели транспортной задачи.....	479
6.2.2.1. Построение исходного плана методом северо-западного угла.....	481
6.2.2.2. Построение исходного плана методом минимального тарифа.....	483
6.2.2.3. Проверка оптимальности планов и их корректирование методом потенциалов.....	485

<b>ГЛАВА VII. Экономика строительства .....</b>	<b>512</b>
Раздел 7.1. Сметная стоимость строительства.....	513
7.1.1. Сметное нормирование.....	513
7.1.2. Формирование стоимости строительства .....	522
7.1.3. Составление сметы .....	530
Раздел 7.2. Экономическая эффективность инвестиций.....	551
7.2.1. Общие положения. Временная стоимость денежных средств .....	551
7.2.2. Оценка коммерческой эффективности инвестиций.....	561
7.2.3. Фактор времени в строительстве.....	579
7.2.3.1. Досрочный ввод построенного объекта (комплекса) в эксплуатацию .....	579
7.2.3.2. Потери от «замораживания» капитальных вложений .....	581
7.2.4. Экономическая эффективность лизинга .....	583
7.2.4.1. Общие положения .....	583
7.2.4.2. Методика расчета лизинговых платежей и эффективность лизинговых операций .....	588
Раздел 7.3. Анализ взаимосвязей соотношения «затраты – объем продукции – прибыль» .....	601
7.3.1. Общие положения .....	601
7.3.2. Анализ безубыточности.....	604
7.3.3. Операционный (производственный) левэридж.....	613

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Экономические изменения, произошедшие в стране за последние двадцать лет, привели к тому, что в строительную отрасль, не растерявшую за это время полностью своего производительного потенциала, оказались вовлеченными тысячи высококвалифицированных специалистов самых разных, но... не строительных профессий. В силу жизненных обстоятельств, и не всегда позитивных, на инженерно-технических или руководящих должностях во многих строительных организациях оказались металлурги и машиностроители, энергетики и текстильщики, агрономы, физики, психологи, экономисты – представители самых замечательных, иногда и редких, профессий. Их приход в строительную отрасль – данность, которую, естественно, следует принимать во внимание. В этих условиях актуальной становится задача адаптации уже взрослых и образованных людей к новому для них огромному объему теоретической информации, знакомой по практической деятельности, но оставшейся за пределами систематического образования. У каждого из этих специалистов – свой прошлый опыт, свой объем тех или иных знаний, но, становясь строителем ПГС, каждый должен освоить тот контрольный минимум, который позволит свободно хотя бы ориентироваться в сегодняшнем строительстве – его теоретических, технологических и экономических основах.

Сюда следует добавить и огромный пласт специалистов, непосредственно строительных работ не касающихся, но имеющих к строительству опосредованное отношение – службы заказчика, застройщика, работники банков, страховых компаний, разнообразных органов надзора, органов управления и т.п.

Созданная в стране в рамках дополнительного профессионального образования система профессиональной переподготовки позволяет в какой-то степени решить проблему на современной научно-методической основе, строя учебный процесс на базе профессиональной части государственного образовательного стандарта и давая возможность за сравнительно короткий срок если и не получить квалификацию инженера-строителя, то изучить и освоить такой объем знаний, который позволил бы грамотно и осознанно вести профессиональную деятельность в новой для специалиста области – сфере промышленного и гражданского строительства.

Предлагаемое учебное пособие ставит целью ознакомить учащегося с теоретическими основами и алгоритмами решения типовых

задач промышленного и гражданского строительства, в своей совокупности охватывающих основной круг вопросов, составляющих «образовательный фон» специалиста-строителя. Рассматриваются задачи по таким курсам, как «Архитектура» (строительная теплофизика), «Строительные материалы» (технология бетона, включая расчет состава), «Строительные конструкции» (расчет конструкций, работающих на сжатие-растяжение и на изгиб), «Основания и фундаменты» (расчет фундаментов мелкого заложения и свайных фундаментов), «Технология строительства» (задачи устойчивости откосов, выбор монтажного крана, расчет технологических параметров зимнего бетонирования), «Организация строительства» (составление сетевых графиков и решение «транспортной задачи») и «Экономика строительства» (составление сметы, анализ экономической эффективности инвестиционного проекта и т.п.).

Материал подготовлен таким образом, что является самодостаточным: всё необходимое для решения предложенных задач у учащегося перед глазами (и под руками) – теория, нормативы, извлечения из СНиПов (СП) или ГОСТов, всё имеется в Практикуме. Расчетные формулы, вытекающие из «Сопrotивления материалов», «Теоретической и строительной механики», «Химии», «Теплофизики» и «Электротехники» даны, если они необходимы, в уже окончательном виде, готовом для применения. Каждую задачу предваряет типовой алгоритм расчета, на основе которого следует подробное и аргументированное решение с конкретно заданными числами и возможные пути решений. После каждой рассмотренной задачи следуют варианты контрольных задач для самостоятельного решения. Возможности не решить задачу – нет! Имея перед глазами подробное решение и пройдя аналогичный путь самостоятельно, учащийся получает представление о характере изменений итогового результата в зависимости от меняющихся исходных данных или выбранного им того или иного технологического параметра.

Вдумчивое, внимательное и последовательное ознакомление с комплексом предложенных задач позволит учащемуся освоить теоретические основы «Строительного производства» и приобрести уверенность в своих силах как при решении возникающих производственных задач, так и в понимании технических, организационных и экономических решений, предусмотренных проектной документацией.

Естественно, пособие ни в коей мере не заменяет академические учебники по дисциплинам, являясь к ним лишь логическим дополнением. Нормативная база дана по состоянию на 1 января 2012 г.

## **ГЛАВА I. Архитектура (строительная теплофизика)**

**§1.1. Строительная теплофизика**

**§1.2. Расчет сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции**

**§1.3. Проверка наружных ограждений на возможность конденсации влаги на их внутренней поверхности**

**§1.4. Проверка ограждающей конструкции на возможность конденсации влаги в ее толще**

**§1.5. Расчет влияния теплопроводных включений в ограждающей конструкции**

**§1.6. Расчет теплоустойчивости ограждающих конструкций**

**§1.7. Расчет теплоусвоения поверхности полов**

## §1.1. Строительная теплофизика

Разработка рациональных объемно-планировочных решений, установление пропорциональных размеров помещений, их взаимного расположения, этажности зданий, высоты этажей, расположения технологического оборудования, путей движения людей к месту их пребывания и эвакуации, создание наибольших удобств для деятельности человека или условий для осуществления технологических процессов, решение архитектурно-композиционных задач, определяющих внешний облик здания и характер его интерьеров – основные и наиболее общие задачи архитектуры.

В соответствии с функциональным назначением зданий каждого вида и отдельных, входящих в их состав помещений, устанавливаются требования к обеспечению для каждого помещения определенной температуры и влажности воздуха, условий естественного и искусственного освещения, звукоизоляции и звукопоглощения, а также другие требования, обеспечивающие нормальные условия деятельности и эксплуатации зданий. Решением всего комплекса этих вопросов занимается строительная физика, конкретными функциональными проблемами – четыре её раздела: строительная климатология; строительная теплофизика; строительная и архитектурная акустика; архитектурная светотехника, инсоляция и солнцезащита.

Строительная климатология описывает ВНЕШНИЕ данные среды, которые должны учитываться при проектировании и строительстве. Строительная климатология фиксирует результаты деятельности природы за длительный период. Остальные четыре раздела – поле деятельности человека, архитектора и строителя. Пренебрежение климатологическими данными рано или поздно приводит к отрицательным последствиям, как, впрочем, и пренебрежение физическими законами в процессе проектирования и возведения зданий и сооружений. Однако, совершенно очевидно, что даже если в условиях непреднамеренности в ходе строительства будут допущены нарушения каких-то светотехнических, инсоляционных или акустических требований проекта, то эти нарушения скажутся лишь (что тоже плохо!) на функциональных характеристиках объекта, тогда как нарушения технологического характера, влияющие на теплотехнические характеристики здания (применение материалов с большей теплопроводностью и объемной массой, повышенной влажностью, длительные промочки, отсутствие режима консервации, ошибки в расположении теплоизоляционных слоев, искусственные мостики

холода и т.д.) могут привести к последствиям, влияющим на безопасную работу сооружения – его частей или в целом.

Главной задачей тепловой защиты зданий, естественно, является обеспечение комфортного температурно-влажностного режима зданий. Принципиально, эта задача решается одновременно двумя путями. Первый путь – создание такого архитектурно-планировочного и конструктивного решения здания, которое обеспечило бы минимальные теплотери из здания в зимнее и минимальные поступления тепла в здание в летнее время. Второй путь – оборудование здания современными системами отопления, вентиляции и охлаждения воздуха. Этим занимаются специалисты по отоплению и вентиляции, разработчики инженерного оборудования зданий. Инженеры-строители и архитекторы проектируют здания и конструкции, решая задачу первым путем.

Осредненно, для человека температурно-влажностная среда считается комфортной если:

- температура внутреннего воздуха 20–22° С;
- температура внутренних поверхностей, ограждающих помещение: стены – минимум 16–18° С (если температура ниже – появляется ощущение сквозняка около стен и на стенах становится возможным выпадение конденсата), температура пола – оптимально 22–24° С;
- относительная влажность воздуха в помещении: 50–60% (меньше 40% – сухость слизистой оболочки, более 60% – парниковый микроклимат);
- движение воздуха: оптимально – 0,2 м/сек (меньше – душно, больше – ощущение сквозняка).

Но кроме обеспечения комфорта тепловая защита должна защищать конструкции от температурных воздействий, предотвращая развитие температурных напряжений и деформаций, и связанных с ними повреждений конструкций.

Любое искусственно построенное здание представляет собой замкнутый объем, воздушная среда в котором обладает определенными, постоянно поддерживаемыми параметрами – температурой и влажностью. Этот замкнутый (конечно, относительно!) объем находится под воздействием окружающей воздушной среды, имеющей свои, характерные для данной местности и времени года статистические тепловлажностные характеристики. Ограждающие конструкции одноэтажного здания испытывают воздействие окружающей среды через стены, кровлю (крышу) и полы; верхний этаж многоэтажного здания испытывает воздействия окружающей среды через

наружные стены и потолок, сообщающийся с кровлей (крышей), первый этаж – через наружные стены и пол, сообщающийся с подпольем или подвалом; срединные этажи многоэтажных зданий – только через стены. Ограждающие конструкции имеют определенные размеры (толщину) и состоят из материалов, обладающих определенными свойствами: теплопроводностью, плотностью, водопоглощением, воздухо-и паропроницаемостью, неоднородностью и т.п. Тепловлажностные параметры окружающей среды существуют как данное и не зависят от воли человека, параметры внутреннего объема помещения поддерживаются искусственно, и от того, насколько грамотно выбраны материалы и размеры ограждающих конструкций, зависит расход энергии в течение всего периода эксплуатации сооружения, уровень комфорта находящихся там людей и возможность осуществления тех или иных технологических процессов.

При оценке теплотехнической эффективности ограждающих конструкций зданий в соответствии с действующими нормами устанавливаются требования:

- к приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций;
- к ограничению температуры и недопущению конденсации влаги на их внутренней поверхности;
- к защите от переувлажнения;
- к теплоустойчивости (в теплый период года);
- к теплоусвоения поверхности полов;
- к воздухо непроницаемости.

Основными нормативными документами, на основе которых ведется проектирование тепловой защиты, являются:

- СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» (находится в процессе актуализации);
- СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» (находится в процессе актуализации);
- СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий.

## **§1.2. Расчет сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции**

Основной теплофизической характеристикой материала ограждающей конструкции является коэффициент теплопроводности. Коэффициент теплопроводности представляет количество тепла в  $Bm$ , которое проходит через  $1 \text{ м}^2$  однородного ограждения толщиной  $1 \text{ м}$  за  $1 \text{ час}$  при разности температур на поверхностях (внутренней и

наружной) в  $1^{\circ}\text{C}$ . Коэффициент теплопроводности обозначается  $\lambda$  и имеет размерность « $\text{Вт}/\text{м}\cdot^{\circ}\text{C}$ ». Для слоя конструкции толщиной  $\delta$  величина  $\lambda/\delta$  называется коэффициентом теплопередачи и обозначается  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{\lambda}{\delta}.$$

Величина, обратная коэффициенту теплопередачи

$$\frac{\delta}{\lambda} = \frac{1}{\alpha} = R \quad (1.1)$$

называется термическим сопротивлением теплопередаче ограждающей конструкции или ее слоя.

Термическое сопротивление  $i$  слоев конструкции равно сумме их термических сопротивлений (рис.1.1):

$$R = \sum_1^i \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}} \quad (1.2)$$

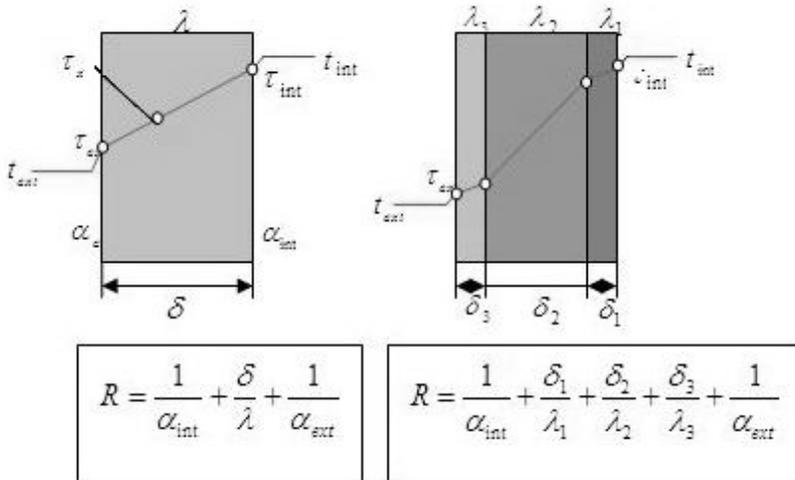
или

$$R = \sum_1^i R_i = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_i \quad (1.2a)$$

Фактическое сопротивление  $R_0$  теплопередаче ограждения, собственное термическое сопротивление которого  $R$ , находящегося во взаимодействии с воздушной средой внутреннего объема и внешней воздушной средой определяется формулой:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + R + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}}, \quad \text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}, \quad (1.3)$$

где  $\alpha_{\text{int}}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ ;  $\alpha_{\text{ext}}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ .



**Рис. 1.1.** Температурные поля и термические сопротивления стенки (слева – однослойной, справа – трехслойной)

В соответствии с табл. 7 СНиП 23-02-2003 для внутренних поверхностей стен, полов и гладких потолков принимаются  $\alpha_{\text{int}} = 8,7 \text{ Bm} / \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  и для наружных поверхностей стен, покрытий и перекрытий  $\alpha_{\text{ext}} = 23 \text{ Bm} / \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . То обстоятельство, что теплоотдача поверхностей вносит какой-то свой вклад в совокупную величину  $R$ , связано с тем, что в обычных условиях поверхность стены не принимает мгновенно температуру окружающей среды, а в зависимости от величины  $\alpha$  – с некоторым запозданием, тем большим чем меньше величина  $\alpha$ . Чтобы  $\alpha = 0$ , поверхность должна быть абсолютно теплоизолирована (или находиться в контакте с поверхностью, имеющей такую же температуру), и тогда, естественно, теплообмен будет полностью исключен. В естественных же условиях поверхности находятся под воздействием конвективных потоков, обдувания ветром, теплового излучения и т.п. Поэтому величины коэффициентов теплоотдачи всегда больше нуля, и, соответственно, больше нуля оказываются соответствующие им термические сопротивления:  $1/\alpha_{\text{int}} = 1/8,7 = 0,115 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Bm}$  и  $1/\alpha_{\text{ext}} = 1/23 = 0,044 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Bm}$ , что обеспечивает совокупный вклад в величину фактического термосопротивления конструкции в размере  $0,159 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Bm}$

Обеспечение ограждающими конструкциями необходимых характеристик тепловой защиты достигается соблюдением условия:

$$R_0 \geq R_{req}, \quad (1.4)$$

где  $R_0$  – фактическое сопротивление теплопередаче данного ограждения,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ;  $R_{req}$  – нормируемое значение сопротивления теплопередаче, определяемое по табл.1 (извлечение из СНиП 23-02-2003, табл.4) в зависимости от величины градусо-суток отопительного периода  $D_d$  (ГСОП) в районе строительства,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ .

Фактическую величину ГСОП отопительного периода  $D_d$  определяют по формуле:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) Z_{ht}, \quad (1.6)$$

где  $t_{int}$  – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания,  $\text{°C}$ , принимаемая для расчета по нормам проектирования соответствующих зданий (для зданий группы 1 табл. 1.1  $t_{int}$  принимается в пределах 20–22 $\text{°C}$ );

**Таблица 1.1**  
**Нормируемые значения сопротивления теплопередаче**  
**ограждающих конструкций (табл. 4 СНиП 23-02-2003)**

Здания и помещения, коэффициенты $a$ и $b$	Градусо-сутки отопительного периода $D_d$ ( $\text{°C} \cdot \text{сут}$ )	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче $R_{req}$ ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ) для наружных стен
1	2	3
1. Жилые и лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2.1
	4000	2.8
	6000	3.5
	8000	4.2
	10000	4.9
	12000	5.6
$a$	–	0,00035
$b$	–	1.4

**продолжение таблицы 1.1**

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
2.Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, производственные и другие здания с влажным или мокрым режимом	2000	1.8
	4000	2.4
	6000	3.0
	8000	3.6
	10000	4.2
	12000	4.8
	<i>a</i>	–
<i>b</i>	–	1.2
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	2000	1.4
	4000	1.8
	6000	2.2
	8000	2.6
	10000	3.0
	12000	3.4
	<i>a</i>	–
<i>b</i>	–	1.0
<p><b>Примечание.</b> Значения <math>R_{req}</math> для величин <math>D_d</math>, отличающихся от табличных, следует определять по формуле:</p> $R_{req}=a.D_d+b, \quad (1.5)$ <p>где <math>D_d</math> – градусо-сутки отопительного периода для конкретного пункта, <i>a</i> и <i>b</i> – в таблице.</p>		

$t_{ht}$  и  $Z_{ht}$  – средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, в сутках, отопительного периода, принимаемые по табл.1.4 (табл. 1 СНиП 23-01-99) для периода со средней суточной температурой не более 8° С (для домов-интернатов и других подобных учреждений – не более 10° С).

Проверка теплозащитных свойств конкретной стены, заданной определенными материалами и толщинами слоев ведется по следующей схеме:

- устанавливаются теплотехнические характеристики материалов;

- устанавливаются климатические параметры района строительства (расчетные параметры внутреннего и наружного воздуха  $t_{int}$  и  $t_{ext}$ , зона влажности и условия эксплуатации ограждающих конструкций – по табл. 1.2 и 1.3 (табл. 1 и 2 СНиП 23-02-2003), средняя температура отопительного периода  $t_{ht}$  и его продолжительность  $Z_{ht}$  – по табл. 1.4;

– устанавливаются расчетные теплотехнические характеристики строительных материалов по табл. 1.5 (табл. Д.1 Приложения Д СП 23-101-2004);

– определяется фактическое сопротивление теплопередаче ограждения  $R_0$  ;

– определяется нормируемое сопротивление теплопередаче ограждения  $R_{req}$  в зависимости от градусо-суток района строительства – по табл. 1.1;

– фактическое сопротивление теплопередаче  $R_0$  сравнивается с нормируемой величиной сопротивления  $R_{req}$  ;

– если фактическое сопротивление равно нормативному или превышает его, считается, что конструкция удовлетворяет условиям обеспечения теплозащиты, если нет – конструкция не обеспечит нормальную эксплуатацию помещения;

– если есть возможность выбора, например, за счет дополнительного слоя теплоизоляции, то, приравнивая в формуле (1.2) фактическую величину сопротивления теплопередаче нормируемому сопротивлению и решая получившееся уравнение относительно толщины дополнительного слоя, получают новую конструкцию ограждения, сопротивление которой будет соответствовать  $R_{req}$  .

**Таблица 1.2**

**Влажностный режим помещений зданий**

(табл. 1 СНиП 23-02-2003)

Режим	Влажность внутреннего воздуха, %, при температуре, °С		
	до 12	св. 12 до 24	св. 24
Сухой	До 60	До 50	До 40
Нормальный	Св. 60 до 75	Св. 50 до 60	Св. 40 до 50
Влажный	Св. 75	Св. 60 до 75	Св. 50 до 60
Мокрый	–	До 75	Св. 60

**Таблица 1.3**

**Условия эксплуатации ограждающих конструкций**

(табл. 2 СНиП 23-02-2003)

Влажностный режим помещений зданий (по табл. 2)	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности по карте влажности территорий по СНиП 23-01-99*		
	Сухой	Нормальный	Влажный
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный	Б	Б	Б

*Борис Михайлович Красновский*

**ПРОМЫШЛЕННОЕ  
И ГРАЖДАНСКОЕ  
СТРОИТЕЛЬСТВО  
В ЗАДАЧАХ С РЕШЕНИЯМИ**

Редактор *В.П. Бурмакин*  
Компьютерная верстка *В.П. Бурмакин*  
Дизайн обложки *Н.С. Романова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.  
Подписано к печати 30.01.13. Формат 70x100/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. 39,0 п.л. Тираж 500 экз. Заказ №  
Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)  
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации оф. 511  
тел., факс: (499) 183-56-83, e-mail: [iasv@mgsu.ru](mailto:iasv@mgsu.ru), <http://www.iasv.ru>

