
А.К. Соловьев

ФИЗИКА СРЕДЫ



А.К. Соловьев

ФИЗИКА СРЕДЫ

Рекомендовано учебно-методическим объединением вузов РФ по образованию
в области строительства в качестве учебника для специальности 270114
«Проектирование зданий»



Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва 2011

Рецензент:
Зав. кафедрой «Проектирование зданий» Казанского государственного
университета,
д.т.н., профессор, член-корреспондент РААСН
Куприянов В.Н.

Соловьев А.К.

Физика среды. Учебник: - М.: Издательство АСВ, 2011. – 352 с.

ISBN 978-5-93093-629-2

Учебник «Физика среды» написан в соответствии с требованиями разрабатываемого в настоящее время Государственного Образовательного Стандарта (ГОС) третьего поколения для многоуровневой подготовки по направлению «строительство» бакалавров, магистров, а также специалистов по специальности «Проектирование зданий». Кроме того, книга может быть использована как учебное пособие по специальности «Промышленное и гражданское строительство», где курс «Физика среды» должен быть включен в вариативную часть дисциплин по этой специальности ГОС. Она может также быть использована студентами архитектурных вузов и факультетов.

В книге приводятся разделы «Климат и архитектура», «Строительная теплотехника», «Свет в архитектуре и строительстве» и «Архитектурно-строительная акустика». Все разделы сопровождаются примерами расчетов и указаниями по проектированию, основанными на современных нормативных источниках. В раздел «Свет в архитектуре и строительстве» впервые включены опробированные разработки автора в области расчетов естественного освещения и инсоляции.

Учебник может быть использован студентами для изучения строительной физики курсового и дипломного проектирования. Книга может быть использована также специалистами-проектировщиками при проектировании зданий и ограждающих конструкций.

ISBN 978-5-93093-629-2

© Соловьев А.К., 2011
© Издательство АСВ, 2011

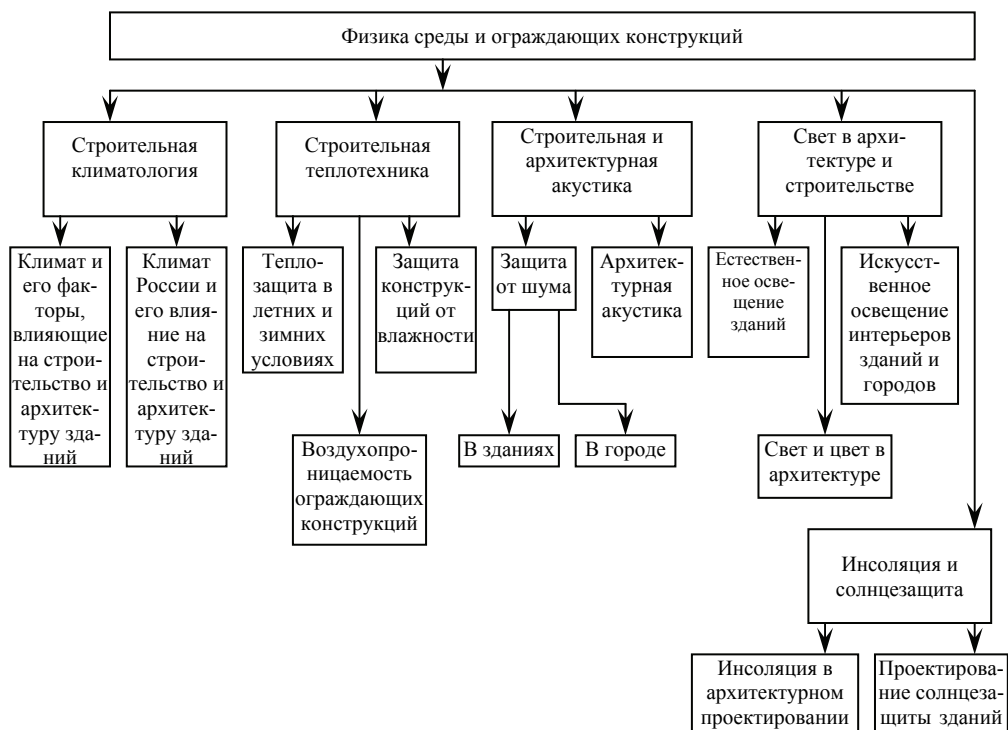
Оглавление

Физика среды и ограждающих конструкций	5
КЛИМАТ И АРХИТЕКТУРА	7
1. СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ	7
1.1. Климат	7
1.2. Методы строительной климатологии	8
1.3. Климатические факторы, влияющие на проектирование и строительство зданий	9
1.4. Климат России и его влияние на архитектуру зданий	10
СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА	15
2. ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ	15
2.1. Теплозащита зданий и ее задачи	15
2.2. Источники тепла	18
2.3. Факторы, влияющие на теплозащиту зданий. Общие факторы	18
2.4. Виды теплопередачи	19
2.5. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций при установившемся потоке тепла	21
2.6. Теплотехнический расчет неоднородных ограждающих конструкций с теплопроводными включениями	28
2.7. Теплопередача в нестационарных условиях и теплоустойчивость ограждающих конструкций	34
2.8. Требования по теплозащите здания в целом	44
3. ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	52
4. ЗАЩИТА ОТ ВЛАЖНОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ПОМЕЩЕНИЙ	65
4.1. Агрегатные состояния влаги	65
4.2. Вода и ее значение в строительстве	66
4.3. Капиллярность	68
4.4. Гидроизоляция	70
4.5. Влажность воздуха и ее влияние на самочувствие человека и состояние ограждающих конструкций	74
4.6. Примеры анализа влажностного состояния конструкций	95
СВЕТ В АРХИТЕКТУРЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ	107
5. ЕСТЕСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ И ИНСОЛЯЦИЯ	107
5.1. Общие положения	107
5.2. Основные понятия, величины, единицы	111
5.3. Методы расчета КЕО	113
5.4. Световой климат местности	130
5.5. Нормирование естественного освещения	137
5.6. Проектирование систем естественного освещения	142
5.7. Примеры проектирования и расчетов естественного освещения	152
5.8. Измерение естественной освещенности	160
5.9. Совмещенное освещение помещений	162
5.10. Современные тенденции в расчетах и проектировании естественного и совмещенного освещения	167
5.11. Расчет КЕО при применении трубчатых световодов	173

5.12. Инсоляция и солнцезащита	181
5.13. Техничко-экономическая и энергетическая оценка систем естественного освещения зданий	198
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ АКУСТИКА	203
6. ЗАЩИТА ОТ ШУМА В ЗДАНИЯХ (ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ)	203
6.1. Звук. Основные понятия	203
6.2. Борьба с шумом в помещениях	210
6.3. Нормативные требования к звукоизоляции ограждающих конструкций	212
6.4. Изоляция от воздушного шума	213
6.5. Изоляция ударного шума междуэтажными перекрытиями.....	235
6.6. Борьба с шумом от инженерного и санитарно-технического оборудования	239
6.7. Определение общего уровня шума от нескольких источников	242
7. ЗАЩИТА ОТ ШУМА В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ	244
7.1. Внешние источники шума	244
7.2. Архитектурно-планировочные методы борьбы с шумом.....	249
8. АРХИТЕКТУРНАЯ АКУСТИКА.....	258
8.1. Методы расчета звукового поля.....	259
8.2. Расчет времени реверберации	263
8.3. Влияние формы залов и их отдельных поверхностей на их акустические качества.....	265
8.4. Звукопоглощающие материалы и конструкции	267
8.5. Проектирование залов с естественной акустикой	274
8.6. Залы, акустика которых полностью основана на электроакустических системах.....	285
Приложение.....	287

Физика среды и ограждающих конструкций

Архитектурно-конструктивное проектирование предполагает доскональное знание физики внутренней среды в зданиях и физических процессов, происходящих в ограждающих конструкциях. От этого зависят комфорт внутренней среды и долговечность зданий. В разные периоды строительства этим вопросам уделялось большее или меньшее внимание. И не случайно памятники архитектуры и просто здания конца XIX - начала XX в. до настоящего времени являются образцами внутреннего комфорта и долговечности. В этот период руководство строительством вели архитекторы, инженерная подготовка которых была очень высокой.



Комфорт помещений определяется самочувствием человека. Факторы, влияющие на комфорт помещения:

- тепловой режим;
- влажностный режим;
- воздушный режим (чистота воздуха и воздухопроницаемость конструкций);
- шумовой режим;
- световой режим;
- инсоляция.

Это наиболее общие факторы, определяющие комфорт во всех зданиях. В зрелищных зданиях к ним добавляются акустика помещений, обеспечивающая

красоту звучания и разборчивость речи, а также видимость и зрительное восприятие. Во всех типах зданий к перечисленным факторам можно добавить факторы психофизического комфорта, такие как связь с внешней средой или защищенность от внешних влияний, пожарная безопасность, безопасная эвакуация людей из зданий и комфортное движение людских потоков.

Кроме этих факторов существует ряд недостаточно изученных факторов, действующих в течение длительного времени, таких как геопатогенные зоны Земли, действие сверхмалых доз радиоактивного излучения строительных материалов, электромагнитное излучение бытовых приборов, влияния радона и др. Некоторые из них, такие как влияние радона, уже внесены в Нормы. Другие еще нуждаются в дополнительных исследованиях, но принимать их во внимание необходимо.

Такие разделы курса «Физика среды и ограждающих конструкций», как «Свет и цвет в архитектуре», «Искусственное освещение интерьеров зданий и городов», относятся к специальным вопросам архитектурного проектирования и рассматриваются отдельно, в рамках специального курса для инженеров-архитекторов.

КЛИМАТ И АРХИТЕКТУРА

1. СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ

1.1. Климат

Слово «климат» греческое. В переводе оно означает «наклон». В Древней Греции считали, что состояние атмосферы и его основного показателя – температуры воздуха – зависит только от угла наклона солнечных лучей к поверхности Земли (рис. 1.1).

Предполагалось, что чем меньше угол Z_0 (см. рис. 1.1), тем больше температура поверхности Земли и воздуха. Поэтому климат делился по широтным полосам земной поверхности на холодный, умеренный и жаркий.

Однако в пределах одной и той же широты могут быть разные климаты: Лондон, Копенгаген, Клайпеда, Москва, Екатеринбург, Новосибирск, Нижнеангарск, Бодайбо, Аян (на берегу Охотского моря). Различие Бодайбо и Лондона – разительны, хотя приход солнечной радиации на границу атмосферы в этих местах один и тот же.

Первая книга о климате была написана Аристотелем («Метеорология», II в до н.э.). В I в. н.э. греческие ученые сделали попытку классифицировать климаты Земли. Полибий разделил землю на шесть климатических поясов. Однако описание климата великих путешественников Марко Поло, Афанасия Никитина показали, что эта схема является очень упрощенной. Первые научные исследования о климатологии и метеорологии в России проводил М.В. Ломоносов.

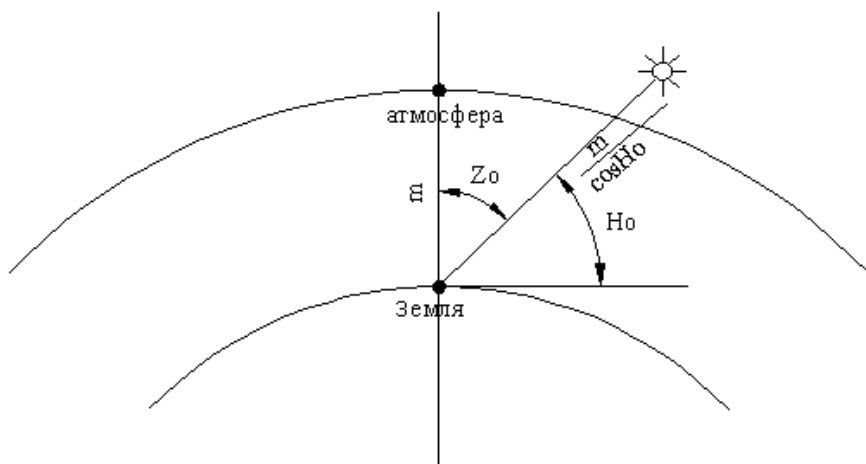


Рис. 1.1. Схема падения солнечных лучей на поверхность Земли:
 Z_0 – зенитное расстояние солнца, град.; H_0 – угловая высота Солнца, град

Он объяснил влияние моря на климат, причину суровости климата Сибири зимой, зональности климата в горных районах аналогично тому, как изменяется климат от экватора к полюсу.

Приток солнечной радиации является одним из важнейших факторов, определяющих климат на поверхности Земли. Однако тепло на поверхность может поступать не только от Солнца, но и переноситься из различных районов Земли путем циркуляции воздуха. В холодное время года воздушными течениями тепло переносится с поверхности морей и океанов, так как вода медленно нагревается, но и сохраняет тепло дольше, чем суша. По этой причине осень на побережье теплее, чем на материке, а весна – холоднее.

На климат влияют:

- теплые и холодные течения в морях и океанах (например, Гольфстрим смягчает климат Европы и даже Западной Сибири);
- испарение и конденсация влаги (облака, снижение интенсивности солнечной радиации, охлаждение воздуха при испарении);
- горы и крупный рельеф (орография) местности (создание особого горного климата). Этот климат зависит от высоты над уровнем моря, ориентации склонов по сторонам света и по отношению к потокам воздуха, несущим влагу. Многие горные хребты являются климатическими границами. Примером может служить Черноморское побережье Кавказа. Здесь Кавказский хребет преграждает зимой путь холодным ветрам с севера и востока и препятствует оттоку теплого воздуха, нагретого морем, в побережья. Так образуются российские субтропики;
- озера, реки, моря, пашня (поглощение большого количества тепла); в Арктике и Антарктике, несмотря на большое количество приходящего от Солнца тепла, температура редко бывает положительна, так как большая часть солнечной радиации или отражается, или затрачивается на таяние льда и снега.

1.2. Методы строительной климатологии

- Метеорологические наблюдения.

До 1991 г. в СССР имелись метеорологические станции в более чем 20 000 пунктов, которые осуществляли регулярные записи температуры, влажности, скорости и направления ветра, количества осадков. Кроме того, существовали актинометрические станции, где кроме перечисленных наблюдений проводились записи суммарной и рассеянной солнечной радиации*, велась статистика облачности. На геофизических станциях проводились вышеперечисленные измерения и сейсмологические записи, а также записи других подвижек земной коры.

* Рассеянная солнечная радиация – отраженная радиация от облаков, облачного неба, взвешенных частиц пыли, газов и других, вызванных человеком и эрозией выделений в атмосферу;
суммарная солнечная радиация – сумма прямой радиации и рассеянной радиации от Солнца.

Кроме того, существовали станции наблюдения за световым климатом, где велась статистика уровней освещенности на горизонтальной поверхности под открытым небом.

В настоящее время все разновидности этих станций существуют, однако их количество значительно уменьшено. Так, например, из 48 станций, в которых в 1996 г. проводились записи естественной освещенности во всем мире, в России было всего две станции - в Москве (МГУ) и в Воейкове под Санкт-Петербургом. К примеру, в Японии их было 13.

- Расчетные методы, учитывающие локальные наблюдения и распространяющие их на требуемые параметры. Например, светоклиматические наблюдения (записи освещенности, яркости неба) проводились в немногих местах. Но в очень многих местах проводились записи солнечной радиации и велась статистика облачности (актинометрические станции). Были определены световые эквиваленты солнечной радиации и сделаны расчеты статистического хода освещенности для этих пунктов.
- С развитием теории климата появилась возможность прогнозировать распространение некоторых его характеристик по земной поверхности.
- Статистические методы, позволяющие определять закономерности по имеющимся данным.

1.3. Климатические факторы, влияющие на проектирование и строительство зданий

1. Температура наружного воздуха.
2. Влажность наружного воздуха.
3. Ветер, его направление и скорость.
4. Солнечная радиация на различно ориентированных поверхностях для различных широт.
5. Дневной и годовой ход естественной освещенности (диффузной и суммарной), яркость ясного неба и статистическая яркость неба.
6. Облачность, вероятность пасмурного, полужасного и ясного неба.
7. Статистика дождевых и снеговых осадков, снеговые нагрузки, вероятность и объем снегопереноса.
8. Глубина промерзания грунтов.

Эти сведения собраны в СНиП «Строительная климатология», а также в различных климатических справочниках, таких как старый СНиП II А.6-72, являющийся одним из наиболее полных справочников по климатическим данным России, используемым в строительстве.

Более подробное рассмотрение факторов климата, влияющих на проектирование и строительство зданий, будем производить при изучении соответствующих разделов дисциплины «Физика среды и ограждающих конструкций».

1.4. Климат России и его влияние на архитектуру зданий

Температура и влажность воздуха – характеристики, в наибольшей степени характеризующие климат местности. Для основных городов России эти параметры, среднестатистические для каждого месяца в году, представлены в СНиПе 23-01-99 «Строительная климатология». Виды погоды характеризуются градациями температуры в данной местности. Наибольшее значение имеет температура в течение рабочего дня $t_{\text{дн.}}^{\text{дн.}}$. В отношении теплового воздействия на человека характерны следующие виды погоды:

Холодная ($t_{\text{ср.}}^{\text{дн.}} < +8^{\circ}\text{C}$); требуется отопление гражданских зданий.

Прохладная ($t_{\text{ср.}}^{\text{дн.}} = +8...+15^{\circ}\text{C}$); при этой температуре, как правило, держат закрытыми окна и не пользуются длительно балконами, лоджиями и террасами.

Теплая ($t_{\text{ср.}}^{\text{дн.}} = +16...+28^{\circ}\text{C}$); позволяет длительно использовать открытые помещения.

Жаркая (выше $+28^{\circ}\text{C}$); вызывает необходимость ограничения перегрева помещений и использования искусственного охлаждения воздуха.

Кроме того, для многих районов целесообразно выделение очень холодной ($t_{\text{ср.}}^{\text{дн.}} < -12^{\circ}\text{C}$) и очень жаркой (выше $+32^{\circ}\text{C}$) погоды, неблагоприятно воздействующей на человека.

В СНиП «Строительная климатология» даются среднемесячные температуры воздуха, включающие температуру в ночное время.

$$t_{\text{ср.}}^{\text{дн.}} = t_{\text{ср.}}^{\text{мес.}} + 0,7 A_{\text{тн}} / 2,$$

где $A_{\text{тн}}$ - средняя амплитуда колебаний температуры в течение суток для данного месяца. Ее величины не приводятся в СНиП 23-01-99 «Строительная климатология» (рис. 1.2). Поэтому при климатическом анализе надо пользоваться СНиП II-A.6-72.

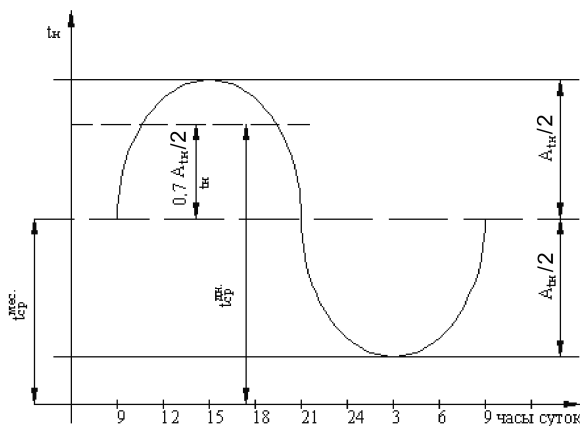


Рис. 1.2. Определение средней дневной температуры воздуха

Пример 1. г. Сочи Краснодарского края

№ п/п	Месяц	$t_{\text{мес. ср.}}$	$A_{\text{ин}}$	$t_{\text{дн. ср.}}$	Тип погоды	Примечание
1	Январь	4,9	16,9	16,7	Теплая (Т)	Позволяет использовать открытые помещения
2	Февраль	5,3	20,6	19,7	Теплая (Т)	Позволяет использовать открытые помещения
3	Март	7,6	18,6	20,6	Теплая (Т)	Позволяет использовать открытые помещения
4	Апрель	11,1	19,7	24,9	Теплая (Т)	Позволяет использовать открытые помещения
5	Май	15,7	16,7	27,4	Теплая (Т)	Позволяет использовать открытые помещения
6	Июнь	19,7	15,3	30,4	Жаркая (Ж)	Требуется солнцезащита и охлаждение
7	Июль	22,5	14,6	32,7	Очень жаркая (ОЖ)	Требуется солнцезащита и охлаждение
8	Август	22,8	13,2	32,0	Жаркая (Ж)	Требуется солнцезащита и охлаждение
9	Сентябрь	19,1	13,6	28,6	Жаркая (Ж)	Требуется солнцезащита и охлаждение
10	Октябрь	14,8	16,3	26,2	Теплая (Т)	Позволяет использовать открытые помещения
11	Ноябрь	10,4	17,9	22,9	Теплая (Т)	Позволяет использовать открытые помещения
12	Декабрь	7,2	14,4	17,3	Теплая (Т)	Позволяет использовать открытые помещения

Продолжительность характерных видов погоды в течение года определяет основные черты климата, которые влияют на архитектурные и конструктивные решения зданий.

Таким образом, в течение четырех месяцев в году необходимо ограничение перегрева помещений с помощью солнцезащитных устройств и применение искусственного охлаждения воздуха. В остальное время года можно использовать летние помещения. Отопление практически не требуется и должно быть устроено исключительно для обогрева помещений в случаях непредвиденного понижения температуры воздуха.

Тип здания должен устанавливаться с учетом защиты помещений от перегрева в жаркий период года. Целесообразны открытые помещения, озеленение и обводнение вокруг зданий. Необходимы солнцезащита и искусственное охлаждение. Ориентация продольных фасадов должна быть широтной (С-Ю) с расположением в северной части обслуживающих и коммуникационных помещений, лестниц, кухонь и т.п., а в южной части – большей части жилых комнат.

При правильном проектировании зданий, применении солнцезащиты и специальных систем, использующих солнечную энергию для горячего водоснабжения и отопления, можно свести энергопотребление при эксплуатации здания к минимуму.

Пример 2. г. Якутск (Республика Саха-Якутия)

№№ п/п	Месяц	$t_{\text{мес. ср.}}$	$A_{\text{ин}}$	$t_{\text{дн. ср.}}$	Тип погоды	Примечание
1	Январь	-43,2	21,1	-28,4	Очень холодная (ОХ)	Требуется специальные мероприятия и отопление
2	Февраль	-35,9	27,3	-16,8	Очень холодная (ОХ)	Требуется специальные мероприятия и отопление
3	Март	-22,2	29,5	-1,5	Холодная (Х)	Требуется отопление
4	Апрель	-7,4	30,1	13,7	Прохладная (П)	Требуется отопление
5	Май	5,7	24,7	23,0	Теплая (Т)	Позволяет использовать открытые помещения
6	Июнь	15,4	25,5	33,2	Очень жаркая (ОЖ)	Требуется солнцезащита и охлаждение
7	Июль	18,7	26,4	37,2	Очень жаркая (ОЖ)	Требуется солнцезащита и охлаждение
8	Август	14,8	26,5	33,3	Очень жаркая (ОЖ)	Требуется солнцезащита и охлаждение
9	Сентябрь	6,2	25,4	24,0	Теплая (Т)	Позволяет использовать открытые помещения
10	Октябрь	-7,9	24,0	8,9	Прохладная (П)	Требуется отопление
11	Ноябрь	-28,0	27,0	-9,1	Холодная (Х)	Требуется отопление
12	Декабрь	-39,8	26,4	-21,3	Очень холодная (ОХ)	Требуется специальные мероприятия и отопление

Как видно из таблицы, климат в г. Якутске резко континентальный. В течение 7 месяцев в году требуется отопление, причем в течение трех месяцев погода очень холодная, неблагоприятно воздействующая на человека. В течение трех месяцев в году погода очень жаркая, требующая ограничения перегрева и искусственного охлаждения. Все это необходимо учитывать при проектировании, применять двойные тамбуры, закрытые переходы между домами и другие специальные мероприятия.

Здесь тоже возможна экономия энергозатрат при эксплуатации зданий. Особенно за счет горячего солнечного водоснабжения и солнечного отопления в апреле и сентябре. Однако эта экономия будет значительно меньше, чем в примере 1.

Приведенные примеры представляют собой элемент климатического анализа в архитектурно-строительном проектировании. Этот анализ ведется «от общего к частному», т.е. от оценки фоновых закономерностей, характерных для крупных территорий, к оценке микроклимата конкретных участков строительства с учетом рельефа, растительности, водных пространств, характера застройки. Эти факторы могут влиять на фоновые характеристики, которые принимаются по СНиП «Строительная климатология». Схематическая карта климатического районирования для строительства приведена на *рис. 1.3*. Согласно этой карте, территория России разделена на IV пояса с подрайонами. По этой карте и таблицам в СНиП «Строительная климатология» выявляются сезоны года, определяющие тип зданий в данной местности. Так, например, климат в примере 1 может быть кратко описан так:

г. Сочи: $8 \cdot T + 3 \cdot Ж + 1 \cdot ОЖ$;

г. Якутск: $3 \cdot ОХ + 2 \cdot Х + 2 \cdot П + 2 \cdot Т + 3 \cdot ОЖ$

Анализ ветрового режима по сторонам горизонта и суммарной радиации на различно ориентированных поверхностях позволяет решить вопрос о направлениях раскрытия архитектурного пространства или его защиты.

При оценке конкретного участка проектировщик изучает ландшафт, рельеф площадки, делает поправки на микроклимат склонов разной ориентации, устанавливает условия обдувания зданий ветром, рассчитывает инсоляцию, естественное освещение помещений и др. Для этого используются геодезические подосновы участков с горизонталями, отметками, существующей застройкой. При утверждении проекта в территориальном Архитектурно-планировочном управлении требуется представление следующих разделов проекта, связанных с вопросами физики среды и ограждающих конструкций:

- энергосбережение и строительная теплотехника;
- защита от шума;
- естественное освещение и инсоляция.

Без согласования этих разделов любое строительство зданий (за исключением индивидуального строительства) считается незаконным. Ниже приводятся разделы дисциплины, освещающие эти темы. Вопросы строительной климатологии, касающиеся этих разделов, будут освещены в них более детально.

Список литературы к разделу «Климат и архитектура»

1. В.Н. Куприянов. Строительная климатология и физика среды. Издательство Каз ГАСУ. Казань, 2007.
2. В.В. Холщевников, А.В. Луков. Климат местности и микроклимат помещений. Издательство АСВ. Москва, 2001.
3. В.К. Лицкевич. Жилище и климат. Стройиздат. Москва, 1984.
4. М.В. Заварина. Строительная климатология. Гидрометеоиздат. Москва, 1976.
5. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология. Москва, 2003.
6. СНиП ПА.6-72. Строительная климатология и геофизика. Стройиздат. Москва, 1972 (Рекомендуется в качестве справочника).

СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА

2. ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ

Задача обеспечения комфортного температурно-влажностного режима зданий решается двумя способами. Первый способ – это создание такого архитектурно-планировочного и конструктивного решения зданий, которое обеспечивало бы минимальные теплопотери и максимальные поступления тепла от Солнца зимой и минимальные теплопоступления в здание в летнее время.

Второй способ – это оборудование здания современными надежными системами отопления, вентиляции и охлаждения воздуха. Этим занимаются специалисты по отоплению и вентиляции, разработчики инженерного оборудования зданий.

Инженеры-строители и архитекторы занимаются проектированием зданий и их конструкций, решают, таким образом, эту задачу первым способом. Однако от того, насколько качественно эта задача решена, зависит энергоэкономичность работы инженерного оборудования.

Так, например, в административном здании башенного типа с огромными ленточными окнами по всему периметру даже в умеренном климате Москвы в рабочих помещениях нельзя обеспечить комфортный температурный режим только с помощью кондиционеров, не применяя солнцезащитные средства.

2.1. Теплозащита зданий и ее задачи

Комфорт температурно-воздушной среды зависит от следующих факторов:

- температура внутреннего воздуха: оптимально 20-22 °С;
- температура внутренних поверхностей, ограждающих помещение: стены – минимум 16-18 °С. Если температура ниже – появляется ощущение сквозняка около стен, на стенах возможно выпадение конденсата. Температура пола – оптимально 22-24 °С;
- тепловая инерция (накопление тепла) ограждающих конструкций помещений. Барачный микроклимат – это быстрый нагрев и быстрое охлаждение помещений;
- относительная влажность воздуха в помещении: нормальная – 50-60%. Менее 40% - сухость слизистой оболочки. Более 60% - парниковый микроклимат;
- движение воздуха: максимально - 0,2 м/с, больше 0,2 м/с - возникает ощущение сквозняка;
- деятельность человека: при сидячей работе требуется большая температура воздуха, чем при подвижной работе.

Теплозащита должна обеспечить комфорт в помещении как в зимних (защита от холода), так и в летних (защита от перегрева) условиях.

Ощущение комфорта в помещении зависит от температуры воздуха и средней температуры поверхностей, ограждающих помещение (рис. 2.1). Как видно из рис. 2.1, при температуре воздуха $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$ комфортность обеспечивается при средней температуре ограждающих поверхностей $+14\text{ }^{\circ}\text{C}$. При температуре $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ человеку будет слишком холодно, а при $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ – слишком жарко. При температуре воздуха $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ эти границы составят $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вообще люди оценивают температурную среду в помещении как комфортную, если зимой поверхности не более чем на 4° холоднее воздуха, а летом – не более чем на 4° теплее.

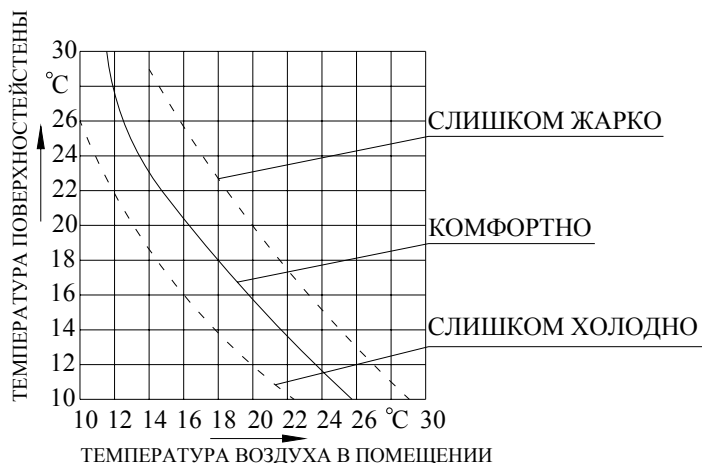


Рис. 2.1. Зависимость ощущения комфорта в помещении от температуры воздуха и средней температуры поверхностей, ограждающих помещение

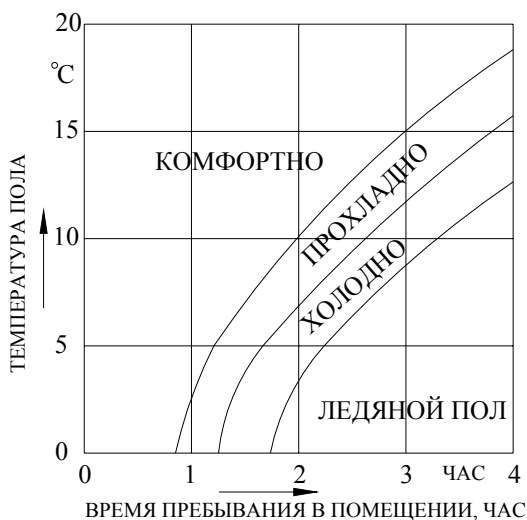


Рис. 2.2. Зависимость ощущения комфорта в помещении от температуры поверхности пола

Учебник

Алексей Кириллович **Соловьев**

ФИЗИКА СРЕДЫ

Редактор: *В.Ш. Мерзлякова*
Компьютерная верстка: *Т.А. Кузьмина*
Дизайн обложки *Н.С. Романова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.
Формат 70х100/16
Бумага офс. Гарнитура таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 21,5.

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, оф. 511
тел/факс: 183-56-83
e-mail: iasv@mgsu.ru; www.iasv.ru