АНАЛИЗ КЛИМАТА В АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2024

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»**

АНАЛИЗ КЛИМАТА В АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Методические указания
к практическим занятиям по дисциплине
«Архитектурная климатология и физика»
для студентов 2 курса бакалавриата,
обучающихся по направлениям подготовки 07.03.01 «Архитектура»,
07.03.04 «Градостроительство», очной формы обучения

Учебное электронное издание

Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2024

УДК 721.001
ББК 38.113
А64

Рекомендовано Методическим советом университета

Рецензент:
Доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Архитектура и градостроительство»
ФГБОУ ВО «ТГТУ»
А. И. Антонов

А64 **Анализ** климата в архитектурно-строительном проектировании [Электронный ресурс] : методические указания / сост. : В. И. Леденев, И. В. Матвеева. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2024. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 1,8 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.

Рассмотрены основные положения архитектурно-климатического анализа, практические методы учета влияния природно-климатических особенностей района строительства на архитектурное и градостроительное проектирование, приведена методика составления строительно-климатического паспорта на примере конкретного населенного пункта.

Предназначены для студентов 2 курса бакалавриата, обучающихся по направлениям подготовки 07.03.01 «Архитектура», 07.03.04 «Градостроительство», очной формы обучения, а также могут быть полезны студентам 5 курса этих же направлений при выполнении выпускной квалификационной работы.

УДК 721.001
ББК 38.113

Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2024

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания разработаны для ознакомления студентов направлений 07.03.01 «Архитектура» и 07.03.04 «Градостроительство» с принципами оценки и практическими методами учета климатических особенностей региона строительства при проектировании зданий и застройки.

Основные положения климатологии применительно к задачам архитектуры и градостроительства изучаются студентами направлений «Архитектура» и «Градостроительство» в курсе «Архитектурная климатология и физика» и используются при выполнении курсовых работ в рамках архитектурного проектирования и выпускной квалификационной работы.

При изучении данного курса студенты выполняют расчетно-графическую работу «Анализ климата в архитектурно-строительном проектировании», в которой с использованием современных методов архитектурно-строительного анализа климатических факторов проводится оценка климатических особенностей региона строительства и устанавливаются основные типологические требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям зданий, а также к планировке населенных пунктов.

Расчетно-графическая работа представляется в виде строительно-климатического паспорта и оформляется в виде краткой пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка содержит данные о климатических характеристиках и полученные на основе их анализа рекомендации по учету климата конкретного города в процессе архитектурно-строительного проектирования. Кроме того, в пояснительной записке выполняется теплотехнический расчет наружной стены жилого здания и подбор конструкции оконного заполнения по условиям тепловой защиты. Строительно-климатический паспорт города приводится в графической части работы.

Овладение студентами навыками составления климатического паспорта местности и использования его данных при решении некоторых архитектурно-строительных задач является целью настоящих методических указаний.

1. ПРИНЦИПЫ КЛИМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ПРОЦЕССЕ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Анализ имеющегося климатического материала необходим архитекторам и проектировщикам для оценки климата района строительства и установления типологических требований к проектируемым зданиям. Основные типологические требования предъявляются как к жилым, так и к общественным зданиям различного назначения. Типовые проекты создаются в расчете на многократное применение в пределах крупных территорий, таких как подрайоны, с учетом их последующей индивидуальной привязки к конкретному участку застройки, например, с учетом рельефа площадки, градостроительной ситуации и других местных особенностей.

Климатический анализ при архитектурно-строительном проектировании ведется по принципу «от общего к частному», т.е. от первоначальной оценки общих фоновых параметров климата района к локальным конкретным данным участка строительства. При оценке фоновых условий используются комплексные и пофакторные климатические характеристики. Комплексные характеристики включают общие данные о климате обширных территорий. К пофакторным характеристикам относятся параметры отдельных элементов климата (см. раздел 2).

Общие условия, характерные для крупной территории, рассматриваемые без учета влияния подстилающей поверхности (рельефа, водоемов, растительности, покрытий), называются ***фоновыми.*** Оцениваются они с помощью анализа климатических характеристик с разной степенью детализации.

Макроклиматическая оценка фоновых условий представляет собой оценку метеорологических показателей на обширной территории с общими климатическими особенностями (климатический район, подрайон, географический регион). В этом случае имеют ввиду, например, климат Австралии, климатического района IIв, Кольского полуострова и т.п.

Под мезоклиматом или местным климатом понимают климат относительно небольших территорий с примерно однородными условиями. К мезоклимату можно отнести городской климат, климат участка реки, городского района и т.п. При этом для жилой застройки при проведении первоначального климатического анализа учитывают нормативные требования, предъявляемые к жилым зданиям с учетом их проектирования для конкретного климатического района и подрайона. Анализ типов погоды выполняется на втором этапе климатического анализа для уточнения принятых объемно-планировочных решений и типологических требований (см. прил. П1). Окончательный пофакторный анализ конкретных климатических параметров для всего круга горизонта, оказывающих влияние на степень комфортности для человека, проводится на последнем этапе.

Микроклимат или ***местные климатические условия*** складываются в результате изменения условий климата рассматриваемой территории подстилающей поверхностью. К таким природным факторам относятся растительность, рельеф, водоемы. В условиях же застроенной территории на формирование микроклимата оказывают влияние параметры застройки – этажность, плотность, вид покрытия территории. Понятие «микроклимат» применяется также к зданиям и к отдельным помещениям внутри них. Особенности влияния подстилающей поверхности и застроенной территории на формирование микроклимата местности приведены в прил. П2 и П3.

Новым направлением в климатологии городской среды является выделение «климатопов» – микроклиматических типов застройки [16]. На основе классификации климатопов выделяются территории с разным характером подстилающей поверхности, плотностью застройки, величиной числа альбедо (величина, характеризующая отражательную способность любой поверхности, выражается отношением радиации, отражаемой поверхностью, к солнечной радиации, поступившей на поверхность): городские климатопы с различной этажностью и плотностью застройки; климатопы, характерные для производственно-складских и транспортных зон; природные климатопы (лесные, водные, сельскохозяйственные). Используя понятие климатопов, можно оценивать микроклимат небольших по площади городских территорий с учетом вида подстилающей поверхности. Наиболее распространенные микроклиматические типы застройки приведены в прил. П4.

2. СОСТАВЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНО-КЛИМАТОЛОГИЧЕСКОГО ПАСПОРТА МЕСТНОСТИ

Строительно-климатический паспорт – это графическое представление метеорологических и геофизических данных, используемых в градостроительном проектировании. Он составляется в процессе проведения климатического анализа и определяет особенности проектных решений, обусловленные местными природно-климатическими условиями, накладывающими в той или иной форме ограничения на возможные варианты проектных решений. Исходными данными для его составления являются справочные климатические данные, приведенные в нормативно-технической литературе и климатических справочниках [1 – 6]. На их основе определяются пофакторные и комплексные характеристики или показатели, представленные в виде графиков, диаграмм и таблиц.

К пофакторным характеристикам относятся: солнечная радиация, температуры воздуха, ветер, влажность воздуха, осадки, промерзание грунтов.

Комплексные характеристики включают: климатическое районирование, в том числе с учетом различных показателей; радиационный и тепловлажностный режимы; погодные условия; световой климат; снего- и пылеперенос; косые дожди.

Пофакторные и комплексные характеристики используются на первых стадиях градостроительного проектирования при технико-экономическом обосновании генерального плана города. На последующих стадиях используется местная или микроклиматическая ситуация в населенном пункте, которая характеризуется показателями, получаемыми при экспериментальных наблюдениях или расчетом в условиях сложившейся застройки. Эти данные используются при разработке проектов детальной планировки и застройки жилых районов и микрорайонов, а также при реконструкции застройки в процессе реализации генпланов городов.

В пособии к СНиП 2.01.01–82 [6] предложена унифицированная форма строительно-климатического паспорта, согласно которой паспорт состоит из 4 частей и содержит 20 граф.

Раздел «Общие данные» включает сведения о: климатическом районе и подрайоне, общих геофизических условиях, географических координатах населенного пункта (графа 1).

В разделе «Инженерно-климатические расчеты» приводятся данные о: параметрах солнечной радиации (гр. 2, 8), температурном режиме (гр. 3, 9), влажностном режиме и осадках (гр. 4, 5, 6, 10), ветровом режиме (гр. 7, 11).

В разделе «Архитектурный анализ климата» определяются типы погоды и их продолжительность (гр. 12), индекс биоклиматической зоны (гр. 13), проводится комплексная оценка климатических факторов по сторонам горизонта с учетом санитарно-гигиенических и экологических требований к зданиям и застройке (гр. 14 – 18).

Раздел «Архитектурный анализ микроклимата» содержит анализ микроклимата конкретных участков застройки с учетом особенностей подстилающей поверхности (гр. 19) и градостроительных факторов (гр. 20).

Унифицированная форма строительно-климатического паспорта с подробным описанием содержания граф приведена в прил. П5.

3. АНАЛИЗ ОБЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК, ВХОДЯЩИХ В СТРОИТЕЛЬНО-КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ

Для наиболее общей оценки климатических условий района строительства можно использовать данные климатического районирования. Климатические характеристики районов и подрайонов дают общее представление о климатическом фоне, о характере зимы и лета, о средних значениях температуры, ветра и влажности и других параметрах, которые в дальнейшем подлежат более детальной оценке на уровне пофакторного анализа климата.

Перечень параметров, необходимых для оценки общих климатических условий района строительства, приведен в табл. 1, 2 на примере г. Таганрог (Ростовская область). Перечисленные характеристики определяют в целом типологию зданий и градостроительных решений.

1. Климатические параметры холодного периода года

Наименование параметра	Величина параметра	Обоснование
Климатический район и подрайон	IIIВ	[1,рис.А1]
Температура воздуха наиболее холодных суток, ^{0}С, обеспеченностью 0,98/0,92	-24/-21	[1,табл.3.1, гр.2,3]
Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, ^{0}С, обеспеченностью 0,98/0,92	-19/-17	[1,табл.3.1, гр.4,5]
Средняя температура воздуха холодного периода,^{0}С, обеспеченностью 0,94	-7	[1,табл.3.1, гр.6]
Абсолютная минимальная температура воздуха, ^{0}С	-32	[1,табл.3.1, гр.7]
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца,^{0}С	5,6	[1,табл.3.1, гр.8]
Продолжительность, сут./средняя температура воздуха, ^{0}С, периода со среднесуточной температурой воздуха $\leq 8^0$С (отопительный период)	165/0,2	[1,табл.3.1, гр.11,12]
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	85	[1,табл.3.1, гр.15]
Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца,%	81	[1,табл.3.1, гр.16]
Количество осадков за ноябрь-март, мм (твердые осадки)	244	[1,табл.1, гр.17]
Преобладающее направление ветра за декабрь-февраль	В	[1,табл.1, гр.18]
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с	4,6	[1,табл.1, гр.19]
Средняя скорость ветра, м/с, за период со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^0$С (отопительный период)	3,6	[1,табл.1, гр.20]
Зона влажности района	нормальная	[2, прил.В]

2. Климатические параметры теплого периода года

Наименование параметра	Величина параметра	Обоснование
Средняя температура теплого периода, ^{0}С, обеспеченностью 0,95/0,98	27,0/31	[1, табл.4.1, гр.3,4]
Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца, ^{0}С	29,1	[1, табл.4.1, гр.5]
Абсолютная максимальная температура воздуха, ^{0}С	40	[1, табл.4.1, гр.6]
Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее теплого месяца, ^{0}С	11,9	[1, табл.4.1, гр.7]
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее теплого месяца, %	59	[1, табл.4.1, гр.8]
Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее теплого месяца, %	43	[1, табл.4.1, гр.9]
Количество осадков за апрель-октябрь, мм, (жидкие осадки)	334	[1, табл.4.1, гр.10]
Суточный максимум осадков, мм	100	[1, табл.4.1, гр.11]
Преобладающее направление ветра за июнь-август	В	[1, табл.4.1, гр.12]
Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль,м/с	0,0	[1, табл.4.1, гр.13]

Климатические параметры, необходимые для анализа, приведены для городов Российской Федерации в СП 131.13330.2020 [1].

3.1. Годовой ход изменения климатических элементов

Для пофакторного анализа необходимо иметь сведения о годовых изменениях климатических элементов в районе строительства. Требуемые для этого данные сводятся в таблицы и затем представляются графически. Для анализа годовых изменений используют данные о средних значениях температуры, относительной влажности воздуха и скорости ветра в каждый месяц года.

Графически характер изменений метеоэлементов представляют в виде бланка-сетки, горизонтальная ось которой соответствует месяцам года. На графике отмечают значения температур (t_7 и t_{13}) и относительной влажности (φ_7 и φ_{13}) в дневные и ночные часы, значения скорости ветра (v) для января и июля. Пример графика оценки годового хода климатических элементов для Таганрога приведен на рис. 1.

Климатические показатели для дневного и ночного времени суток определяют по формулам (1 – 4). Для удобства расчет климатических показателей

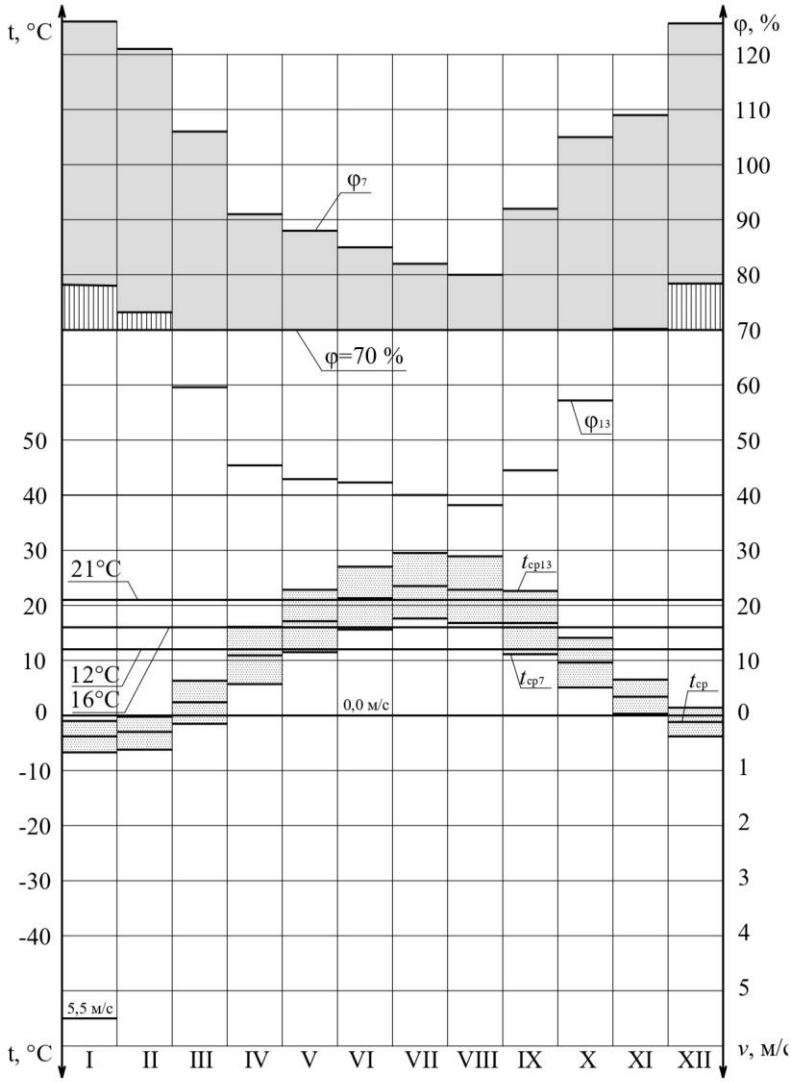


Рис. 1. График годового изменения климатических элементов для условий Таганрога

по месяцам года ведут в табличной форме. В качестве примера в табл. 3 приведены сведения о годовом ходе климатических элементов в г. Таганрог.

Средняя месячная температура воздуха в 13 ч определяется по формуле (1), средняя месячная температура воздуха в 7 ч определяется по формуле (2):

$$t_{\text{ср.13}} = t_{\text{ср}} + \frac{A_{t\text{ср}}}{2}. \qquad (1)$$

3. Данные для анализа хода изменений климатических факторов местности г. Таганрог

Показатель	месяцы												Обосно-вание
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Средняя месячная температура воздуха, °С, $t_{ср}$	–3,8	–3,0	2,4	10,9	17,1	21,3	23,5	22,8	16,8	9,6	3,4	–1,2	[1, т. 5.1]
Средняя амплитуда температуры воздуха по месяцам, °С, $A_{tср}$	5,7	6,3	7,7	10,4	11,3	11,4	11,9	12,1	11,5	9,0	6,2	5,2	[1, т. 11.1]
Средняя месячная температура воздуха, °С, в 13 ч, $t_{ср13}$	–1,0	–0,2	6,3	16,1	22,8	27,0	29,5	28,9	22,6	14,1	6,5	1,4	ф. 1
Средняя месячная температура воздуха, °С, в 7 ч, $t_{ср7}$	–6,7	–6,2	–1,5	5,7	11,5	15,6	17,6	16,8	11,1	5,1	0,3	–3,8	ф. 2
Упругость водяного пара воздуха по месяцам, гПа, e	4,4	4,4	5,7	8,3	11,9	15,1	16,5	15,2	12,2	9,2	6,8	5,3	[1, т. 7.1]
Макс. упругость водяного пара воздуха в 13 ч, E_{13}, Па	563	601	956	1829	2776	3567	4122	3982	2742	1609	968	676	по $t_{ср.13}$
Максимальная упругость водяного пара воздуха в 7 ч, E_7, Па	348	363	540	916	1355	1772	2012	1913	1321	879	624	356	по $t_{ср.7}$
Относительная влажность воздуха, %, в 13 ч, φ_{13}	78,2	73,2	59,6	45,4	42,9	42,3	40,0	38,2	44,5	57,2	70,2	78,4	ф. 3
Относительная влажность воздуха, %, в 7 ч, φ_7	126	121	106	91	88	85	82	80	92	105	109	149	ф. 4

$$t_{ср.7} = t_{ср} - \frac{A_{tср}}{2}, \qquad (2)$$

где $t_{ср}$ – средняя месячная температура воздуха, °С; $A_{tср}$ – средняя амплитуда температуры воздуха по месяцам, °С.

Относительная влажность воздуха в 13 ч, %, определяется по формуле (3), относительная влажность воздуха в 7 ч, %, определяется по формуле (4):

$$\varphi_{13} = \frac{e}{E_{13}} \cdot 100; \qquad (3)$$

$$\varphi_7 = \frac{e}{E_7} \cdot 100, \qquad (4)$$

где e – упругость водяного пара воздуха по месяцам, гПа; E_{13} и E_7 – максимальная упругость водяного пара воздуха в 13 и 7 ч соответственно, Па.

Значения максимальной упругости водяного пара в 13 и 7 ч определяются по справочным таблицам С.1 и С.2 СП 23-101–2004 [9].

Графики дают возможность наглядно оценить основные, существенные для архитектурно-строительного проектирования черты климата района строительства. Нанесение на графики линий «критических» значений температур и относительной влажности наружного воздуха позволяет выявить наиболее жаркий период лета и оценить степень перегрева помещений (линия температур

21 °С) и наличие повышенной относительной влажности воздуха в утренние и дневные часы. Определяют также неблагоприятный зимний период по сочетанию повышенной относительной влажности (более 70%) с отрицательными температурами [7].

В частности, на графиках рис. 2 видно, что в Таганроге перегрев помещений наблюдается в основном в дневные часы в мае, июне, июле, августе и сентябре. Среднемесячные превышения температур над температурой 21 °С составляют соответственно 1,8, 6,0, 8,5, 7,9 и 1,6 °С. Повышенная влажность днем (выше линии влажности 70%) наблюдается только в январе, феврале, ноябре и декабре. В утренние часы влажность повышена в течение всего года. При этом в осенний и зимний периоды она превышает 100%.

Линии температур 16 и 12 °С определяют границы для эксплуатации открытых помещений соответственно при отсутствии и наличии инсоляции [10, 11]. Из графика видно, что открытые помещения (балконы, лоджии, террассы, веранды) в климате Таганрога могут использоваться с апреля по июнь и с августа по октябрь. В июле использовать балконы, лоджии, террасы и веранды нецелесообразно в связи с существенным перегревом.

Ход изменения температур в дневные часы (t_{13}) позволяет оценить необходимость солнцезащиты в летнее время года. Основным климатическим фактором, определяющим необходимость защиты помещений от перегрева, является продолжительность периода со среднесуточной температурой наружного воздуха $t_н > 21$ °С [7].

Обеспечение солнцезащиты необходимо предусматривать с учетом продолжительности этого периода равной и более 20 дней в году. Рекомендуется выбирать соответствующий вид солнцезащиты: при продолжительности периода от 20 до 40 дней – внутренние или межстекольные солнцезащитные устройства; от 40 до 60 дней – межстекольные или наружные устройства; более 60 дней – наружные в сочетании с теплозащитным остеклением.

В климатических районах, где чрезмерный перегрев обусловлен высоким термическим фоном окружающей среды и продолжительностью периода перегрева ($t_н > 21$ °С) более 100 дней, эффективная защита от перегрева может быть обеспечена только с помощью наружных солнцезащитных устройств в сочетании с теплозащитным остеклением и техническими средствами искусственного регулирования микроклимата [14] (установки вентиляционные, кондиционирования воздуха, радиационного охлаждения воздуха, водоразбрызгивающие установки).

Солнцезащитные конструкции и устройства по конструктивным признакам делят на группы [15]:

– наружные: козырьки (сплошные и решетчатые); маркизы (откидные, складывающиеся, скользящие); тенты; ставни распашные; рафшторы – жалюзи горизонтальные и вертикальные (стационарные и регулируемые); комбинированные устройства (пространственные сетки, решетки); экраны (сплошные и решетчатые); пространственные солнцезащитные кожухи;

– межстекольные: жалюзи (регулируемые); светорассеивающие шторы;

– внутренние солнцезащитные устройства: шторы; жалюзи (вертикальные и горизонтальные);

– солнцезащитные изделия из стекла: теплоотражающие стекла; светозащитные стекла; светорассеивающие стекла; профильное стекло; пленки с теплоотражающим слоем.

При выборе солнцезащитных конструкций и устройств следует учитывать дополнительные климатические факторы, которые могут повлиять на их эксплуатационные характеристики (ветровые характеристики, влажностные показатели и т.п.). Например, в районах с большой запыленностью при средней скорости ветра летом более 5 м/с необходимо применять наружные солнцезащитные устройства без открывания оконных переплетов с адаптивным регулированием. При скорости ветра более 20 м/с все наружные солнцезащитные устройства должны обеспечивать необходимую прочность при действии повышенной ветровой нагрузки. В районах с влажным жарким климатом недопустимо применять солнцезащитные устройства из стеклянных объемных элементов, затрудняющих проветривание помещений.

На графиках рис. 1 видно, что в Таганроге превышение температуры 21 °С наблюдается днем в течение 150 дней, и следовательно, для защиты от солнца наиболее эффективно совместное применение наружных солнцезащитных устройств и систем искусственного охлаждения помещений (систем кондиционирования воздуха).

Наиболее неблагоприятные условия зимой в Таганроге наблюдаются в январе при низкой температуре и высокой влажности воздуха при достаточно высокой скорости ветра.

3.2. Общая оценка погодных условий и выбор режима эксплуатации зданий

Анализ фоновых условий района строительства в виде хода изменений климатических параметров позволяет установить ***тип погоды***, который характеризуется среднемесячной температурой воздуха, среднемесячной влажностью воздуха и среднемесячной скоростью ветра.

Согласно общепринятой классификации, различают семь типов погоды: жаркая, сухая жаркая, теплая, комфортная, прохладная, холодная, суровая. Минимальная продолжительность типа погоды определяется периодом в 1 месяц отдельно для дневного и ночного времени суток. При классификации и дальнейшей записи использованы следующие условные обозначения типов погоды: *к* – комфортная, *т* – теплая, *п* – прохладная, *х* – холодная, *с* – суровая, *з* – засушливая (сухая жаркая), *ж* – жаркая. Характеристика типов погоды приведена в прил. П1.

Запись типов погоды проводят в табличной форме для каждого месяца в дневные и утренние (ночные) часы. Для Таганрога такая запись приведена в табл. 4.

4. Типы погоды по месяцам для Таганрога

Время суток	Месяцы года											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ночь	Х	Х	Х	П	П	К	К	К	П	П	Х	Х
день	Х	Х	П	К	К	К	Т	Т	К	К	П	Х

Краткая запись типов погоды проводится без учета различий в дневной и ночной периоды. Запись показывает помесячное состояние погоды за год и дает возможность наглядно выявить преобладающий тип погоды в теплое и холодное время года, а также достоверно определить типологические особенности проектируемого жилого здания, а именно объемно-планировочное и конструктивное решения, вид инженерных систем. Кроме того, фиксируется наличие экстремальной погоды небольшой продолжительности, имеющей важное значение с точки зрения обеспечения комфорта в течение всего года. Для Таганрога, например, краткая запись имеет вид 8*х6п8к2т*.

В зависимости от типа погоды при проектировании устанавливается характер связи помещений здания с внешней средой, который называется ***эксплуатационным режимом помещения*** [11]. Принято выделять четыре режима эксплуатации помещений зданий: изолированный, закрытый, полуоткрытый, открытый. При этом закрытый режим эксплуатации характерен как для засушливой, так и для холодной погоды. Они отличаются набором объемно-планировочных, конструктивных решений, а также рекомендациями по выбору инженерных систем. То же самое можно сказать и об изолированном режиме эксплуатации, характерном для суровой и жаркой погоды, и о полуоткрытом, рекомендуемом при преобладании теплой или прохладной погоды. Подробная характеристика режимов дана в прил. П1 и в учебной литературе [10, 11].

По данным о погодных условиях и их продолжительности устанавливаются такие типологические требования к жилым зданиям, как площадь открытых помещений квартиры (балконы, лоджии, веранды), рациональная ширина жилого дома, вид проветривания квартир и др. Например, как видно из табл. 4 и соответствующей ей краткой записи, в Таганроге зимой преобладает холодный тип погоды, а летом – комфортный. Таким условиям соответствуют два режима эксплуатации зданий: зимой – закрытый, летом – открытый. Такие типы погоды и соответствующие им режимы эксплуатации предъявляют к зданию определенные требования (см. прил. П1). Жилые здания в Таганроге должны обладать следующими качествами: наружные ограждения должны обеспечивать необходимый уровень тепловой защиты и воздухонепроницаемости; объемно-планировочное решение компактное; в зданиях необходимы закрытые лестницы, лоджии и веранды; возможна ориентация квартир на солнечную сторону с обеспечением в летнее время солнцезащиты; центральное отопление средней мощности, вентиляция в зданиях канальная вытяжная. При этом в летнее время помещения должны быть максимально раскрыты в окружающую среду через лоджии и веранды, климатозащитная функция архитектуры отсутствует. В застройке необходима защита от ветра, затенение и обводнение территории.

4. ПОФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ФОНОВЫХ УСЛОВИЙ РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА

При проведении пофакторного анализа учитывают наличие и продолжительность различных природно-климатических факторов. Некоторые из них (поступления солнечной радиации на стены разной ориентации, температурно-радиационный комплекс, температурно-ветровой режим и др.) учитывают при всех типах погоды. Другие факторы (ветер с дождем, ветрозаносы и др.) учитывают в первую очередь в условиях определенного типа погоды [10, 11].

Анализ летнего температурно-влажностного режима местности

Важным сочетанием климатических факторов является совместное действие температуры и влажности воздуха. Пониженная относительная влажность (менее 30%) и повышенная относительная влажность (более 70%) неблагоприятны для человека. В очень теплую и жаркую погоду излишняя влажность будет мешать испарению влаги с поверхности тела человека (потоотделению) и создавать условия для возможного перегрева, будет ощущаться духота, наступает дискомфорт.

Пофакторный анализ позволяет проводить качественную ***оценку летнего температурно-влажностного режима***. Она необходима для установления вида проветривания квартир при комфортной, теплой и жаркой погоде. Оценку выполняют исходя из особенностей воздействия на человека влажности воздуха в комплексе с температурой. Характер этой связи показан на рис. 3, где даны верхние и нижние критические значения относительной влажности, ограничивающие зону оптимальных значений, при различных температурах воздуха. Вне оптимальной зоны определены области дискомфорта с указанием отрицательно действующих факторов. Из представленного графика следует, что для сохранения комфортных или близких к ним условий в летнее время при повышении температуры воздуха от 18 до 28 °С надо, чтобы относительная влажность воздуха снижалась от 50…70% до уровня 30…50%. Пользуясь указанным графиком, архитектор может принимать различные решения для обеспечения комфорта в жилой среде, используя защиту от солнца или ночное понижение температуры для снижения температурного фона, а также усиленное проветривание помещений и наружных пространств для усиления движения воздуха у тела человека, облегчая тем самым отдачу тепла испарением.

Анализ начинается с построения на основе диаграммы рис. 2 специальных рабочих графиков, которые предназначаются для оценки температурно-влажностного режима в дневное время (13 ч) и ночное (7 ч) время. Для анализа используют только месяцы с положительной температурой в 7 и 13 ч. Для условий Таганрога это период с апреля по октябрь.

Порядок построения графика. Горизонтальная ось разбивается на равные отрезки, соответствующие месяцам года с положительными температурами. По вертикали в произвольном масштабе откладывается относительная влажность воздуха в процентах. Далее проводится построение критических

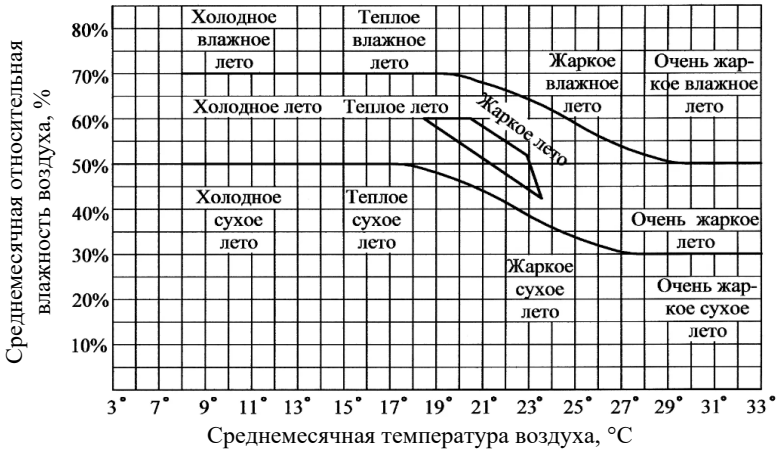


Рис. 2. Диаграмма для оценки летнего температурно-влажностного режима района строительства

значений относительной влажности воздуха для каждого месяца. Зная средние значения температуры воздуха в 13 ч (табл. 3) и используя диаграмму на рис. 2, строят верхнюю *1* и нижнюю *2* кривые критических значений относительной влажности в 13 часов для исследуемых месяцев года (см. рис. 3). Затем то же самое повторяют для 7 часов (кривые *3* и *4*). Полученные кривые *1, 2* и *3, 4* ограничивают зоны комфортной влажности при положительных температурах соответственно в 13 и 7 ч.

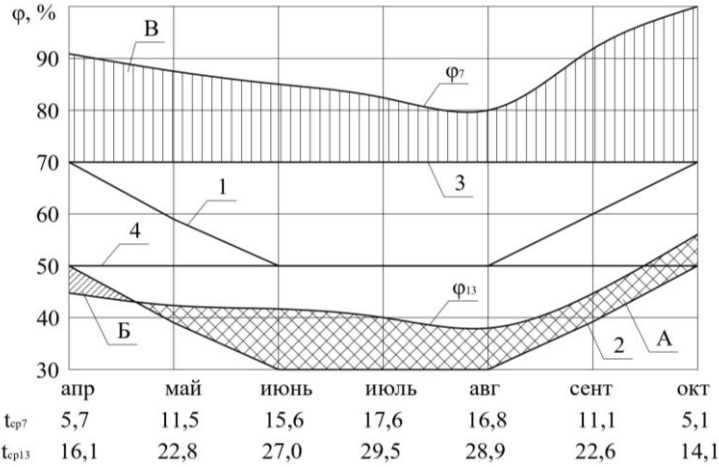


Рис. 3. График летнего температурно-влажностного режима (для Таганрога):
1 – верхнее критическое значение относительной влажности для 13 ч.;
2 – то же, нижнее; *3* – верхнее критическое значение влажности в 7 ч.;
4 – то же, нижнее; А – зона оптимальной влажности в 13 ч; Б – сухая зона в 13 ч.;
В – зона превышения влажности в 7 ч

Затем на график наносят кривые фактической относительной влажности в 7 ч (φ_7) и в 13 ч (φ_{13}) и анализируют их положение относительно комфортной зоны. Если кривая фактической влажности попадает в зону комфорта, то не возникает необходимости в дополнительных мерах по ее повышению или снижению. Если же кривые φ_7 и φ_{13} выходят за пределы зоны комфорта, то следует предусмотреть меры защиты или от повышенной влажности при высокой температуре, например, проветривание пространства, направление потоков воздуха к человеку, затенение, или от низкой влажности (максимальное затенение пространства, аккумуляция ночной прохлады, использование фонтанов для увлажнения воздуха и др.) [16].

В помещениях низкая влажность, как правило, наблюдается в ранневесенний период. В этом случае необходимо дополнительное увлажнение воздуха различными способами. В условиях высокой влажности в помещениях предусматривают сквозное или угловое проветривание квартир (круглосуточное, дневное или ночное), использование принудительной вентиляции, необходимость искусственного охлаждения со снижением влажности или, наоборот, с дополнительным увлажнением.

На рисунке 3 в качестве примера приведен график оценки летнего температурно-влажностного режима для условий Таганрога. Видно, что в дневные часы (кривая φ_{13}) влажность в апреле ниже оптимального значения (зона Б). В остальные месяцы с мая по октябрь влажность воздуха в дневное время нормальная (зона А). В ночные и утренние часы во течение всех теплых месяцев года влажность наружного воздуха существенно повышена (зона В). Таким образом, положение кривой φ_7 свидетельствуют о том, что лето на территории Таганрога жаркое с нормальной влажностью воздуха в дневные часы. Анализ данных графика летнего температурно-влажностного режима подтверждает ранее сделанный вывод о том, что желательно устройство большого количества открытых пространств (балконов, лоджий, террас и веранд), обеспечивающих в ночное время летом проветривание квартир.

Анализ температурно-ветрового режима местности

Микроклимат и степень комфорта городских территорий в значительной степени зависят от ветрового режима. Оценка ветрового режима местности проводится при решении планировочных задач, связанных с ветрозащитой аэрацией и выбором оптимальной ориентации зданий, типов секций, квартир и т.п. [8]. Ветер существенно влияет на тепловое состояние человека.

В архитектурно-строительной климатологии ветровой режим характеризуется направлением движения, скоростью и повторяемостью ветра. Для оценки ветрового режима используют восемь румбов: север (С), северо-восток (СВ), восток (В), юго-восток (ЮВ), юг (Ю), юго-запад (ЮЗ), запад (З), северо-запад (СЗ). Повторяемость ветра по направлениям оценивается в % к общему числу случаев без учета штилей. Данные о скорости и повторяемости ветра приводятся в [2].

5. Ветровой режим г. Таганрога

Показатель	Направление ветра							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
	Январь							
Повторяемость, %	4	14	33	10	4	12	17	6
Скорость ветра, м/с	3,9	5,8	6,5	4,8	3,3	4	4,1	3,1
	Июль							
Повторяемость, %	13	13	20	5	3	12	23	11
Скорость ветра, м/с	3,4	4	4,4	3,2	2,3	3,5	3,6	3,3

Графически характеристика ветрового режима местности представляется в виде розы ветров. Роза ветров представляет собой график, характеризующий ветровой режим в данной местности по результатам многолетних наблюдений. Для построения розы ветров через принятую за центр точку проводят прямые по направлению 8 румбов. На каждой прямой от центра откладывают в произвольном масштабе значения скорости, м/с, и повторяемости, %, Полученные точки соединяют, образуя розу повторяемости и розу скорости. В качестве примера в табл. 5 приведены значения ветровых характеристик Таганрога, по значениям которых построены розы ветров для зимнего и летнего периодов (рис. 4).

При оценке ветрового режима местности по розам ветров определяется преобладающее направление ветра, направление ветра с наибольшей скоростью, вероятность ветра с наибольшей скоростью, наименьшая скорость ветра с вероятностью $p \geq 16\%$.

Анализ роз ветров для Таганрога показывает, что для данного района строительства зимой преобладающие направления ветра – восточное (33%); наибольшая скорость – 6,5 м/с с восточного направления с повторяемостью 33%;

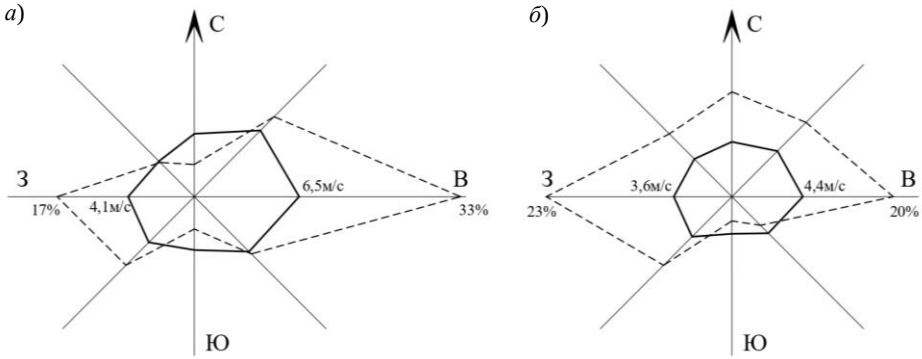


Рис. 4. Розы ветров для территории Таганрога:
а – для января; *б* – для июля

наименьшая скорость ветра – 4,1 м/с с западного направления с повторяемостью 17%. Летом преобладающее направление ветра – западное (23%), наибольшая скорость 4,4 м/с с восточного направления с повторяемостью 20%; наименьшая скорость ветра – 3,6 м/с с повторяемостью 23%.

Важное значение при проектировании имеет комплексная оценка соотношение температуры и ветра. Оценку ***температурно-ветрового режима*** рекомендуется проводить при всех типах погоды, исходя из сочетаний температуры и ветра и их воздействия на организм человека.

Анализ температурно-ветрового режима можно проводить, используя график (рис. 5), предложенный В. К. Лицкевичем [11].

Согласно графику, в условиях Таганрога ($t_{ср}^{янв} = -3{,}8$ °С; $v_{max}^{янв} = 6{,}5$ м/с; $t_{ср}^{июль} = 23{,}5$ °С; $v_{max}^{июль} = 4{,}4$ м/с) зимой ветер создает дискомфорт для человека, желательна защита от него пешеходов, возможен снегоперенос. Неблагоприятный температурно-ветровой режим зимой при скорости ветра 4 м/с и более согласно данным табл. 5 сохраняется в течение 86% от общей повторяемости ветра по румбам. Летом ветер охлаждает и приносит облегчение, но при скорости более 4 м/с становится неблагоприятен. Из таблицы 5 видно, что подобные некомфортные условия в Таганроге наблюдаются в 33% по повторяемости.

В целом, показатели ветрового режима используются для решения градостроительных задач, связанных с взаимным расположением функциональных зон, определением границ санитарно-защитных зон промышленных предприятий, с выбором оптимальной ориентации улиц и зданий различного назначения, типов и компоновки жилых секций, с организацией благоустройства дворовых пространств.

Рис. 5. Диаграмма комплексного воздействия ветра и температуры на человека и здания во внешней среде

Анализ солнечной радиации района строительства

При пофакторном анализе климата важное значение имеет ***оценка воздействия солнечной радиации***. Данные о параметрах солнечной радиации, поступающей на поверхности различной ориентации, приводятся в нормативной литературе [2, 5]. Для Таганрога эти данные приведены в табл. 6.

Для подробного анализа действия солнечной радиации строится диаграмма (роза) солнечной радиации по аналогии с розой ветров. В каждом направлении от центральной точки в масштабе откладываются значения суммарной солнечной радиации, Вт/м^2, на вертикальные поверхности различной ориентации, полученные точки соединяют плавной замкнутой кривой. Пример такой диаграммы для Таганрога приведен на рис. 6. Розы солнечной радиации помогают уточнить ориентацию жилых зданий по сторонам горизонта, планировку квартир и домов, устройство светопрозрачных ограждений, солнцезащитных экранов и т.д.

6. Параметры солнечной радиации на территории Таганрог

Место строительства г. Таганрог		Географическая широта 48° с.ш.								Сумма за сутки	Среднее суточное количество
Солнечная радиация прямая / рассеянная, поступающая на поверхности различной ориентации в июле при безоблачном небе, Вт/м^2 [2], [5]	Часы суток	4–5	5–6	6–7	7–8	8–9	9–10	10–11	11–12		
		19–20	18–19	17–18	16–17	15–16	14–15	13–14	12–13		
	Горизонтальная	16/13	91/56	209/84	356/99	495/112	593/126	685/129	733/133	6356	328
		16/13	91/56	209/84	356/99	495/112	593/126	685/129	733/133	1504	
	Вертик. Ю	–/7	–/36	–/73	28/99	137/110	242/116	327/118	370/120	2208	149
		–/7	–/36	–/73	28/99	137/110	242/116	327/118	370/120	1358	
	Вертик. ЮВ	2/10	125/62	286/119	427/148	497/151	492/144	429/127	335/113	2824	177
		–/6	–/35	–/58	–/74	–/81	–/88	41/94/	190/105	1429	
	Вертик. В	90/16	371/88	536/155	590/174	565/164	454/135	279/110	105/98	2990	184
		–/6	–/34	–/59	–/72	–/80	–/81	–/81	–/87	1433	
	Вертик. СВ	70/19	291/81	437/133	420/144	305/134	143/109	22/96	–/91	1688	125
		–/8	–/35	–/59	–/72	–/80	–/84	–/86	–87	1318	
	Вертик. С	45/8	141/60	93/93	–/101	–/94	–/86	–/81	–/80	558	74
		45/8	141/60	93/93	–/101	–/94	–/86	–/81	–/80	1206	
	Вертик. СЗ	–/8	–/35	–/59	–/72	–/80	–/84	–/86	–87	1688	125
		70/19	291/81	437/133	420/144	305/134	143/109	22/96	–/91	1318	
	Вертик. З	–/6	–/34	–/59	–/72	–/80	–/81	–/81	–/87	2990	184
		90/16	371/88	536/155	590/174	565/164	454/135	279/110	105/98	1433	
	Вертик. ЮЗ	–/6	–/35	–/58	–/74	–/81	–/88	41/94/	190/105	2824	177
		2/10	125/62	286/119	427/148	497/151	492/144	429/127	335/113	1429	

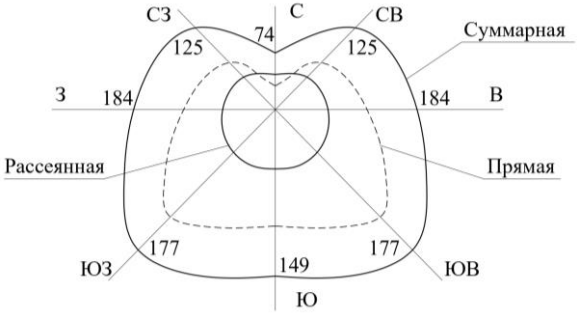


Рис. 6. Солнечная радиация, поступающая на вертикальные поверхности различной ориентации в июле при безоблачном небе, Вт/м^2, в Таганроге

Кроме розы солнечной радиации, целесообразно анализировать также излучение суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации на горизонтальную поверхность в течение года (рис. 7) [5, прил. 5] и изменение солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность в июле при безоблачном небе (рис. 8) в разное время суток (по данным табл. 6).

При оценке действия солнечной радиации учитывается инсоляция жилых помещений квартир. Под инсоляцией понимают совокупность светового, ультрафиолетового и теплового солнечного излучения. Количество солнечного облучения напрямую определяет степень комфортности и гигиеничности окружающей среды в связи с тем, что облучение прямым солнечным светом обладает оздоровительными и бактерицидными свойствами. Для обеспечения оздоровительного воздействия инсоляции санитарными нормами устанавливается необходимое время ежедневной непрерывной инсоляции для определенного периода года.

Продолжительность инсоляции нормируется в жилых зданиях; детских учреждениях, в лечебно-профилактических, санаторно-оздоровительных и курортных учреждениях, а также в учреждениях социального обеспечения.

В целях наилучшего использования благоприятных свойств солнечного света нормируемая продолжительность непрерывной инсоляции для помещений жилых и общественных зданий устанавливается действующими санитарными правилами и нормами СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и(или) безвредности для человека факторов среды обитания» в зависимости от функционального типа зданий, количества комнат в квартирах, планировочных зон города, географической широты местности (см. табл. 7).

Для обеспечения соблюдений санитарно-гигиенических требований не допускается ориентировать окна всех жилых комнат квартиры с односторонней ориентацией независимо от их общего количества в пределах сектора горизонта от 310 до 50° во всех климатических районах. В противном случае

7. Санитарно-гигиенические требования к продолжительности инсоляции помещений

Нормируемые помещения	Географическая широта местности	Продолжительность инсоляции, не менее	Календарный период
1. Не менее чем в одной комнате 1-3-комнатных квартир; 2. Не менее чем в 2-х комнатах 4-х и более комнатных квартир; 3. Не менее чем в 60 % жилых комнат в зданиях общежитий	Северная зона (севернее 58° с. ш.)	2,5 ч	с 22 апреля по 22 августа
	Центральная зона (58° с. ш. - 48° с. ш.)	2 ч	
	Южная зона (южнее 48° с. ш.)	1,5 ч	с 22 февраля по 22 октября
1. В 2-х и 3-х комнатных квартирах, где инсолируется не менее 2-х комнат; 2. В многокомнатных квартирах (4 и более комнаты), где инсолируется не менее 3-х комнат; 3. При реконструкции жилой застройки, расположенной в центральной, исторической зонах городов, определенных их генеральными планами развития	Северная зона (севернее 58° с. ш.)	2 ч	с 22 апреля по 22 августа
	Центральная зона (58° с. ш. - 48° с. ш.)	1,5 ч	
	Южная зона (южнее 48° с. ш.)	1,5 ч	с 22 февраля по 22 октября

недостаток инсоляции отрицательно скажется на бактериологическом состоянии помещений, на поверхности ограждающих конструкций могут наблюдаться намокания, плесень, грибковые образования и другие биопоражения.

При двухсторонней ориентации жилых комнат в квартире в указанный сектор допускается ориентировать не более одной жилой комнаты в двухкомнатных квартирах; двух жилых комнат в трехкомнатных и четырехкомнатных квартирах.

Отрицательное воздействие инсоляции на микроклимат помещений проявляется в избыточном тепловом воздействии в летнее время. Это может привести к перегреву помещений, ухудшению микроклиматических показателей по сравнению с нормативными. Солнечные лучи, проникающие в помещение, отдают тепло поверхностям пола, стен, оборудования, которые в свою очередь становятся источниками теплового излучения.

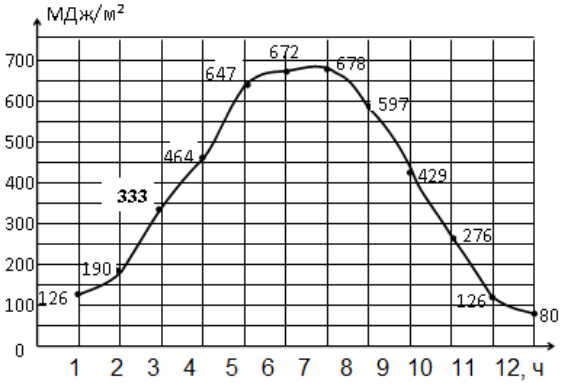


Рис 7. График суммарной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность на горизонтальную поверхность по месяцам в Таганроге

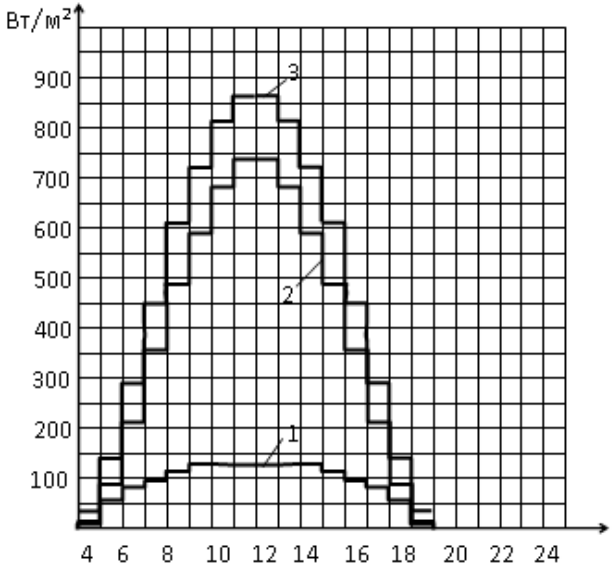


Рис. 8. График солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность в июле при безоблачном небе в Таганроге:
1 – рассеянная; *2* – прямая; *3* – суммарная

Ограничение теплового воздействия инсоляции на помещения с помощью специальных солнцезащитных устройств в соответствии с требованиями норм следует применять для районов между 57 и 47° с.ш. при ориентации окон жилых зданий на юго-запад (сектор горизонта от 200 до 270°) и для районов южнее 47° с.ш. при ориентации на юг и юго-запад (сектор горизонта от 160 до 290°). Перечень возможных солнцезащитных конструкций и устройств приведен в разделе 3, п. 3.1 данных методических указаний.

3.4. Оценка сторон горизонта по комплексу климатических факторов

Для решения ряда архитектурно-планировочных и конструктивных задач, например, расположение уличной сети города, ориентации зданий, выбора типа жилой секции, размера конструкции и расположения окон, дверей и т.д., необходимо проводить комплексную оценку воздействия климатических элементов по направлениям горизонта. Такая оценка выполняется по основным элементам климата: скорости и повторяемости ветра, по инсоляции и др.

Комплексную оценку удобно выполнять с помощью круговой диаграммы, на которой в виде секторов отмечаются запрещенные, нежелательные, неблагоприятные и благоприятные зоны ориентации.

Если, например, применяются квартиры с односторонней ориентацией окон жилых комнат, то для них на диаграмме отмечается запрещенная по условиям инсоляции зона ориентации между румбами 310 и 50°.

На диаграмме отмечаются зоны нежелательной ориентации по условию теплового воздействия инсоляции (для северной зоны – районов выше 58° с.ш. – перегрева нет, сектор не отмечается; для центральной зоны – районов от 57 до 47° с.ш. – сектор от 200 до 270°; для южной зоны – районов ниже 46° с.ш. – сектор от 160 до 290°). При ориентации зданий в этих направлениях должно быть указано о необходимости применения солнцезащитных устройств.

Если с какого-либо направления дует сильный холодный ветер, то на диаграмме отмечается сектор нежелательной ориентации, захватывающий по полрумба (22,5°) с обеих сторон вдоль этого направления.

Пример такого комплексного анализа сторон горизонта по климатическим факторам для Таганрога приведен на рис. 9.

Из диаграммы рис. 9 видно, что здания в условиях Таганрога могут быть ориентированы без применения дополнительных мероприятий лишь в узких секторах от 50…67,5°, 113…200° и 270…310°. При ориентации фасадов зданий по другим направлениям необходимо либо применение солнцезащитных устройств (от 200 до 270°), либо архитектурно-планировочных мероприятий в городской застройке по ослаблению холодного ветра.

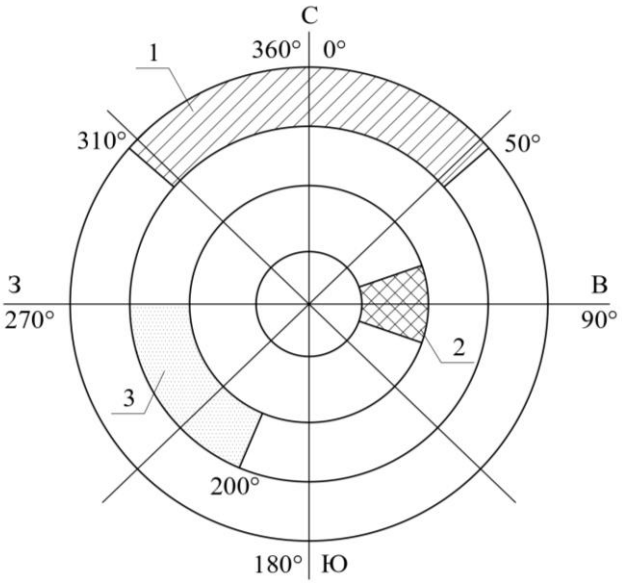


Рис. 9. Оценка сторон горизонта по комплексу климатических факторов для Таганрога:

1 – недопустимая ориентация при одностороннем расположении жилых комнат квартиры;

2 – зона, неблагоприятная из условий ветроохлаждения;

3 – зона, нежелательная по условиям перегрева помещений

5. АНАЛИЗ МЕСТНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

На основе данных общего и пофакторного анализа климата проводят оценку местных условий – анализ микроклимата.

Для этого студенту необходимо дать подробную географическую характеристику населенного пункта, в которой должно быть отражено следующее: географическое положение, характеристика рельефа, акваторий, принадлежность к той или иной природной зоне, биоразнообразие (растительный и животный мир) и т.п. К данной характеристике должна прилагаться физическая или топографическая карта населенного пункта. На основе полученных данных выполняется качественная оценка рассматриваемой территории, когда каждый участок на топографической подоснове (равнинный рельеф, склоны различной ориентации, наветренные и подветренные участки, растительность, водоемы) оценивают по степени благоприятности с учетом солнечной радиации и ветрового режима (см. прил. П2).

В связи с тем, что городская среда обладает рядом специфических свойств, оказывающих влияние на формирование метеорологического режима в приземном слое воздуха, микроклимат застройки оценивают на основе данных, получаемых в результате натурных наблюдений за определенный период времени. К основным факторам, вызывающим изменения климатических условий в городской застройке, относят:

– загрязнение атмосферного воздуха, приводящее к изменению его состава, плотности;

– изменение теплообмена в городе за счет закрытости горизонта, теплофизических свойств городских поверхностей (теплоемкость, альбедо);

– перераспределение тепловых потоков при отоплении зданий в холодный период года, эксплуатации автотранспорта, промышленных предприятий;

– создание «городских бризов» при изменении аэрационного режима застройки за счет ее разной этажности.

Для анализа влияния градостроительной ситуации на микроклимат города составляют социально-экономическую характеристику города. Она должна содержать сведения о численности населения, инфраструктуре города, наличии функциональных зон с различными параметрами застройки. В зависимости от характера градостроительной ситуации отдельных районов города (приемы и плотность застройки, этажность, озеленение и благоустройство и т.п.) делают вывод о влиянии отдельных градостроительных факторов на изменения показателей солнечной радиации, температурных и ветровых характеристик в застройке по сравнению с загородными территориями. Для решения ряда практических задач градостроительного проектирования возможно использовать сведения, приведенные в прил. П3 и в [10, 11].

На основе проведенных выше исследований дают рекомендации о типологических особенностей застройки и зданий с учетом природно-климатических факторов.

6. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

В процессе архитектурного проектирования возникает необходимость в подборе материалов и конструктивного решения наружных ограждающих конструкций с точки зрения тепловой защиты. Далее рассмотрен пример проектирования конструкции наружной стены малоэтажного жилого дома и подбор конструкции оконного заполнения по условиям тепловой защиты для условий Ростовской области.

6.1. Теплотехнический расчет дополнительной теплоизоляции наружных стен жилого здания

Исходные данные к расчету:

1. Место расположения здания – г. Таганрог.

2. Материал стены – кладка из глиняного обыкновенного кирпича на цементно-песчаном растворе с γ_0 = 1800 кг/м^3. Толщина кирпичной кладки – 0,38 м. Стена оштукатурена с двух сторон цементно-песчаным раствором с γ_0 = 1800 кг/м^3. Толщина слоев штукатурки – 0,03 м.

3. Материал дополнительной изоляции – плиты минераловатные из каменного волокна с γ_0 = 85 кг/м^3.

4. Климатические данные г. Таганрога: климатический район строительства – IIIВ [1, рис. А.1]; зона влажности – нормальная [3, прил. В]; расчетная температура воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 – $t_н$ = –17 °С, продолжительность и средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой воздуха ≤ 8 °С – $z_{от}$ = 165 сут и $t_{от}$ = +0,2 °С [1, табл. 3.1].

5. Расчетная температура и относительная влажность внутреннего воздуха – $t_в$ = 20 °С и $\varphi_в$ = 55% [13, табл. 3].

6. Другие необходимые коэффициенты и показатели в расчетных формулах: $\alpha_в$ = 8,7 Вт/м^2·°С [3, табл. 4]; $\alpha_н$ = 23 Вт/м^2·°С [3, табл. 6].

Порядок расчета:

Расчет производится из условия энергосбережения, т.е. должно выполниться следующее условие: приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции должно быть не меньше нормируемого значения (поэлементное требование)

$$R_0^{норм} \geq R_0^{пр} . \qquad (5)$$

Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, (м^2·°С)/Вт, следует определять по формуле

$$R_0^{норм} = R_0^{тр} m_р , \qquad (6)$$

где $R_0^{тр}$ – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, м^2·°С/Вт, следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода, (ГСОП), °С·сут/год, региона строительства и определять по [3, табл. 3]; $m_р$ = 1 – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства.

1. По [3, табл. 3] вычисляем базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции:

$$R_0^{\text{тр}} = a\text{ГСОП} + b\,, \tag{7}$$

где a, b – коэффициенты, значения которых следует принимать для соответствующих групп зданий по [3, табл. 3].

Градусо-сутки отопительного периода, ГСОП, °С·сут/год, определяют по формуле

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}})z_{\text{от}}\,, \tag{8}$$

где $t_{\text{от}}$, $z_{\text{от}}$ – средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут/год, отопительного периода, принимаемые по [1, табл. 3.1] для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8 °С; $t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая для расчета ограждающих конструкций групп зданий по [13].

$$\text{ГСОП} = (20 - (\ +0{,}2))\cdot 165 = 2970\ ^\circ\text{С}\cdot\text{сут/год};$$

$$R_0^{\text{тр}} = 0{,}00035\cdot 2970 + 1{,}4 = 2{,}44\ \text{м}^2\cdot{}^\circ\text{С/Вт}.$$

2. По [3, табл. 1 и табл. 2] устанавливаем, что влажностный режим помещения – нормальный, а условия эксплуатации – Б.

3. По [3, прил. Т] определяем теплотехнические характеристики материалов ограждения: для кирпичной кладки из глиняного обыкновенного кирпича на цементно-песчаном растворе – $\lambda_{\text{кл}}$ = 0,81 Вт/м^2·°С; для штукатурки из цементно-песчаного раствора – $\lambda_{\text{шт}}$ = 0,93 Вт/м^2·°С; для минераловатных плит из каменной ваты – $\lambda_{\text{ут}}$ = 0,045 Вт/м^2·°С.

4. Предварительно составляем общее выражение для приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции R_0 [3, формула (4.12)]:

$$R_0^{\text{пр}} = R_0 r\,, \tag{9}$$

где R_0 – условное сопротивление теплопередаче однородной ограждающей конструкции, определяемое по [3, формула (4.13)], м^2·°С/Вт; r – коэффициент теплотехнической однородности ограждающей конструкции, учитывающий влияние кронштейнов, анкеров, откосов проемов и других теплопроводных включений по [3, табл. 1].

Приравняв $R_0^{\text{пр}}$ к найденному значению $R_0^{\text{норм}}$, определяем необходимую толщину теплоизоляции, т.е.

$$R_0^{\text{пр}} = \left(\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_{\text{шт.в}}}{\lambda_{\text{шт.в}}} + \frac{\delta_{\text{кл}}}{\lambda_{\text{кл}}} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}} + \frac{\delta_{\text{шт.н}}}{\lambda_{\text{шт.н}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}\right) r = R_0^{\text{норм}}\,; \tag{10}$$

$$R_0^{\text{пр}} = \left(\frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}03}{0{,}93} + \frac{0{,}38}{0{,}81} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{0{,}045} + \frac{1}{23}\right)\cdot 0{,}9 = 2{,}44\ \text{м}^2\cdot{}^\circ\text{С/Вт}.$$

Отсюда $\delta_{\text{ут}}$ = 0,09 м.

Таким образом, на основании выполненного расчета установлено, что для обеспечения условия $R_0^{\text{норм}} \geq R_0^{\text{пр}}$ необходимо предусмотреть теплоизоляцию из минераловатных плит на основе каменной ваты толщиной не менее 100 мм.

6.2. Подбор оконного заполнения по условиям тепловой защиты

1. По [3, табл. 3] вычисляем базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче светопрозрачной ограждающей конструкции для значения градусо-суток отопительного периода ГСОП = 2970 °С·сут (см. п. 6.1)

$$R_0^{\text{пр}} = 0{,}49 + \frac{(2970-2000)(0{,}63-0{,}49)}{4000-2000} = 0{,}56 \text{ м}^2\cdot°\text{С/Вт}.$$

2. По [9, прил. Л] принимаем в качестве оконного заполнения однокамерный стеклопакет в одинарном переплете из стекла с мягким селективным покрытием с $R_0^{\text{пр}} = 0{,}56$ м^2·°С/Вт, или двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете из стекла с твердым селективным покрытием $R_0^{\text{пр}} = 0{,}58$ м^2·°С/Вт, или обычное стекло и однокамерный стеклопакет в раздельных переплетах из стекла обычного $R_0^{\text{пр}} = 0{,}56$ м^2·°С/Вт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **СП 131.13330.2020.** Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01–99. – М., 2020. – 146 с.
2. **СНиП 2.01.01–82.** Строительная климатология и геофизика / Госстрой СССР. – М. : Стройиздат, 1983.
3. **СП 50.13330.2012.** Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с изм. №1 и 2 от 2018 г.). – М., 2018. – 101 с.
4. **СП 42.13330.2016.** СНиП 2.07.01–89. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. – М., 2017. – 125 с.
5. **Строительная климатология** / НИИ строит.физики. – М. : Стройиздат, 1990. – 86 с. – (справ. пособие к СНиП).
6. **Пособие** по строительной климатологии (к СНиП 2.01.01–82) / НИИ строительной физики Госстроя СССР – М. : Стройиздат, 1987.
7. **Демин, О. Б.** Архитектурный анализ климата района строительства [Электронный ресурс] : метод. указания / О. Б. Демин, В. И. Леденев, И. В. Матвеева ; Тамб. гос. техн. ун-т. – Тамбов : ТГТУ, 2002. – URL : https://www.tstu.ru/book/elib/pdf/2002/demin.pdf.
8. **Руководство** по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки / ЦНИИП градостроительства Гражданстроя при Госстрое СССР. – М. : Стройиздат, 1986.
9. **СП 23-101–2004.** Проектирование тепловой защиты зданий. – М. : ФГУП ЦПП, 2004. – 140 с.
10. **Демин, О. Б.** Физико-технические основы проектирования зданий : Ч. 1. Архитектурно-строительная климатология / О. Б. Демин. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2003.
11. **Лицкевич, В. К.** Жилище и климат / В. К. Лицкевич. – М. : Стройиздат, 1984. – 288 с.
12. **Коваленко, П. П.** Городская климатология : учебное пособие / П. П. Коваленко, Л. Н. Орлова. – М. : Стройиздат, 1993. – 134 с.
13. **ГОСТ 30494–2011.** Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (Переиздание с поправкой). – М. : Стандартинформ, 2019.
14. **Руководство** по проектированию и применению солнцезащитных средств в промышленных зданиях / НИИСФ. – М. : Стройиздат, 1980. – 96 с.
15. **СП 370.1325800.** Устройства солнцезащитные зданий. Правила проектирования. – М., 2017. – 56 с.
16. **Лицкевич, В. К.** Учет природно-климатических условий местности в архитектурном проектировании : учебно-методические указания / В. К. Лицкевич, Л. И. Конова. – М. : МАРХИ, 2011. – 44 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

П1. Классификация типов погоды и режимы эксплуатации жилища

Тип погоды	Режим эксплуатации жилища	Среднемесячная температура воздуха, °С	Среднемесячная относительная влажность воздуха, %	Средне-месячная скорость ветра, м/с
Жаркая (сильный перегрев при нормальной влажности)	**Изолированный.** Характерны затенение, аэрация, компактное объемно-планировочное решение зданий, полное кондиционирование воздуха, побудительная и вытяжная вентиляция, воздухонепроницаемость и теплозащита ограждений	40 и выше 32 и выше 25 и выше	24 и менее 25…49 50 и более	– – –
Сухая жаркая (сильный перегрев при низкой влажности)	**Закрытый.** Характерны затенение, защита от пыльных ветров, искусственное охлаждение помещений без снижения влагосодержания, воздухонепроницаемость, теплозащита ограждений	32…39,9	24 и менее	–
Теплая (перегрев)	**Полуоткрытый.** Характерны затенение и аэрация, сквозное (угловое, вертикальное) проветривание квартир, лоджии и веранды, механические вентиляторы-фены, трансформация ограждений	24...27,9 20...24,9 24...31,9 28...31,9	50...74 75 и более 24 и менее 25...49	– – – –
Комфортная (тепловой комфорт)	**Открытый.** Климатозащитная функция архитектуры на требуется, типичны лоджии, веранды	12...23,9 12...23,9 12...27,9 12...19,9	24 и менее 50...74 25...49 75 и более	– – – –
Прохладная	**Полуоткрытый.** Защита от ветра, ориентация на солнце, отопление малой мощности, трансформация и необходимая воздухонепроницаемость ограждений	4...11,9	–	0 и более
Холодная (охлаждение)	**Закрытый.** Защита от ветра, ориентация на солнце, компактное объемно-планировочное решений, закрытые лестницы, шкафы для верхней одежды, центральное отопление средней мощности, вытяжная, воздухопроницаемость и теплозащита ограждений	–35,9…+4 –27,9…+4 –19,9…+4 –11,9…+4	– – – –	1,9 и ниже 2...4,9 5...9,9 10 и более

Тип погоды	Режим эксплуатации жилища	Среднемесячная температура воздуха, °С	Среднемесячная относительная влажность воздуха, %	Средне-месячная скорость ветра, м/с
Суровая (сильное охлаждение)	**Изолированный**. Желательны переходы между жилищем и сетью первичного обслуживания, максимальная компактность зданий, отопление большой мощности, искусственная приточная вентиляция с обогревом и увлажнением воздуха, высокие воздухонепроницаемость и теплозащита зданий, двойной тамбур, шкафы для верхней одежды	–36 и ниже –28 и ниже –20 и ниже –12 и ниже	– – – –	1,9 и менее 2...4,9 5...9,9 10 и более

Примечание. В количестве минимальной продолжительности типа погоды, определяющего режим эксплуатации, жилища, принимается 1 мес.

П2. Основные закономерности формирования микроклимата в различных условиях подстилающей поверхности

Элементы подстилающей поверхности	Закономерности формирования климата
Рельеф:	
вершины и открытые верхние части склонов	Днем температура воздуха на 2…4 °С ниже, чем на окружающей местности; в ясные тихие ночи на 1,5…2 °С теплее по сравнению с ровным местом и на 2…8 °С – с дном долин и подножьем склонов; суточная амплитуда температуры воздуха меньше, минимальные температуры выше, чем в долинах и котловинах; наиболее сухие хорошо проветриваемые территории.
южные склоны	Максимальная дневная температура. За период с температурой воздуха более 10 °С получают тепла на 4…8% больше, чем на ровном месте; средние суточные температуры почвы за летний период выше, чем на северных склонах; влажность воздуха меньше; наиболее интенсивное таяние снежного покрова; ветровой режим зависит от ориентации по отношению к направлению ветра

Элементы подстилающей поверхности	Закономерности формирования климата
северные склоны	Наиболее холодные (особенно летом); за период с температурой воздуха более 10 °С получают тепла на 8…10% меньше, чем на ровном месте; глубина снежного покрова больше, чем на южных склонах, сход его запаздывает на 14…15 дней; характер ветрового режима также определяется экспозицией по отношению к ветровому потоку.
наветренные и подветренные склоны	Наветренные склоны наиболее холодные; получают меньше осадков; небольшая глубина снежного покрова; подветренные юго-восточные, южные и юго-западные склоны наиболее теплые; большое количество осадков; наибольшая мощность снежного покрова
долины, котловины, нижние части склонов	Значительно большие суточные амплитуды температуры воздуха и меньше температурная инверсия по сравнению с вершинами; долины, ориентированные с запада на восток, освещены более равномерно, чем долины меридионального направления; существенное повышение относительной влажности воздуха, частое образование туманов, росы; на дне замкнутых долин без стока или с затрудненным стоком холодного воздуха ночью самые низкие температуры и высокая относительная влажность (частое возникновение «озер холода»); небольшая глубина снежного покрова; плохие условия проветривания
Растительность	В зависимости от вида зеленых насаждений снижается проникновение солнечной радиации (на 0,5…20% прямой и на 2…22% суммарной); возможно снижение температуры воздуха до 10 °С; ветрозащитная эффективность лесных полос зависит от их конструкции, определяющей продуваемость полосы, ветрозащитное действие полос продуваемой конструкции 50…60 Н, плотной 35…40 Н, оптимальная степень ажурности 30…40%
Водоемы, моря, крупные озера, водохранилища	Весной и в начале лета водоем охлаждает прилегающую территорию, в конце лета и осенью отепляет; ночью вблизи водоемов температура воздуха на 2…3 °С выше, чем в нескольких километрах от берега; днем водоем понижает температуру воздуха на 2…4 °С; влияние водоемов проявляется также в увлажнении воздуха и в уменьшении запыленности; в суточном ходе наблюдается уменьшение скорости ветра днем и усиление ночью; среднее значение коэффициента скорости ветра в теплый период 1,2…1,4; в районах со слабыми ветрами (до 2 м/с) появляются или усиливаются бризы; по характеру влияния водоемов выделяются зоны постоянного и сильного (1…3 км), слабого и несистематического (3…5 км) влияния

П3. Основные закономерности формирования микроклимата в застройке

Элементы климата	Закономерности формирования микроклимата (по отношению к загородным условиям)
Солнечная радиация	Снижение до 20% в зависимости от степени загрязнения воздуха, времени года и суток
Температура воздуха	Повышение на 1…4 °С в зависимости от плотности застройки: в застройке плотностью до 20% – на 1…2 °С, плотностью более 20% – на 3…4 °С (без учета влияния озеленения на снижения температуры). В городах-оазисах зоны пустынь понижение на 2…3 °С
Скорость ветра	Снижение на 20…70% в зависимости от плотности застройки: в застройке плотностью до 20% – 20%, плотностью от 20 до 30% – на 20…50%, плотностью более 30% более чем на 50%

Примечание. Под плотностью застройки понимается отношение площади, занятой зданиями, к общей площади рассматриваемой территории.

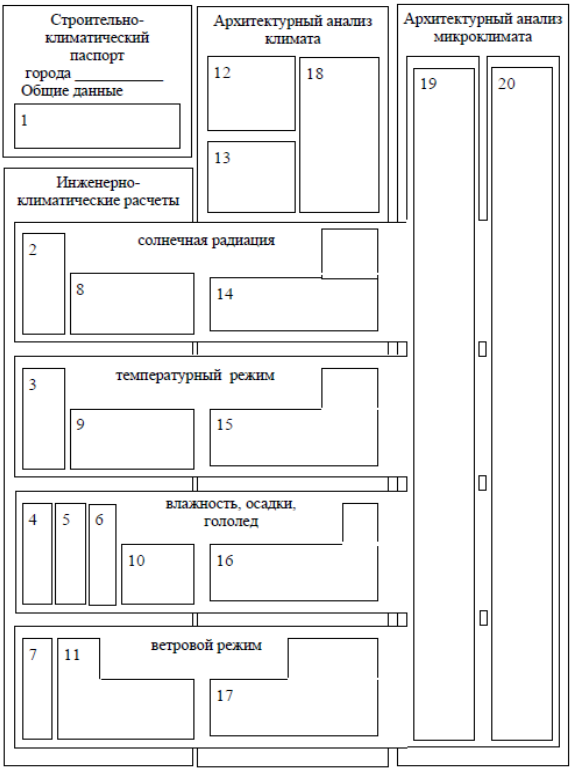
П4. Микроклиматические типы застройки (климатопы) [16]

Городская климатическая зона (климатоп)	Визуальный облик (схемы)	Aspect ratio (В/Ш)*	Плотность искусственных покрытий, %**
Высокоплотная застройка повышенной этажности, коммерческо-деловые центры		>2	>90
Высокоплотная средне- и малоэтажная застройка, историческая застройка		1.0–2.5	>80
Среднеплотная средне-этажная, преимущественно жилая застройка		0.5–1.5	65-85
Высокоплотная средне- и малоэтажная застройка промышленно-коммунального и торгового назначения (гаражи, склады, супермаркеты и т.д.)		0.05–0.2	75-95
Низкоплотная малоэтажная застройка (таунхаусы, коттеджные поселки)		0.2–0.6	35-65
Смешанная контрастная низкоплотная застройка с высокой долей озеленения (институты, больницы, спорткомплексы)		0.1–0.5	<40
Пригородная зона с отдельно стоящими зданиями		>0.05	<10

* aspect ratio – отношение средней высоты зданий и сооружений (в ряде случаев – и деревьев) к характерному расстоянию между ними. В примагистральной застройке – средняя высота фронта зданий к ширине улицы.

** отношение площади проекции зданий и водонепроницаемых поверхностей к общей площади участка

П5. Унифицированная форма строительно-климатического паспорта



Данные, входящие в строительно-климатический паспорт:

1 – климатический район;

2 – район по световому климату;

3 – расчетные температуры воздуха (наиболее холодной пятидневки, отопительного периода);

4 – зона влажности;

5 – снеговая нагрузка (район по снеговой нагрузке);

6 – гололедная нагрузка (район по толщине стенки гололеда);

7 – ветровая нагрузка (ветровой район);

8 – количества тепла за сутки в июле, поступающие от суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации на горизонтальную и вертикальные поверхности при действительных условиях облачности;

9 – среднемесячные и экстремальные значения амплитуды температуры наружного воздуха, продолжительность отопительного периода и другие характеристики температурного режима;

10 – абсолютная и относительная влажность воздуха, количество осадков, высота снегового покрова;

11 – «розы ветров» за январь и июль, максимальные и минимальные скорости ветра;

12 – продолжительность однотипного характера погоды;

13 – классы погоды (индекс биоклиматической зоны);

14 – оценка круга горизонта по условиям теплового облучения («роза радиации»);

15 – оценка температурного режима по данным годового и суточного хода температуры воздуха;

16 – график температурно-влажностного режима теплого периода года, осадки за год, объем снегопереноса;

17 – оценка круга горизонта с учетом ветрового режима за январь и июль с указанием неблагоприятного сектора горизонта с учетом температурного режима;

18 – комплексная оценка сторон горизонта по ряду факторов: количеству солнечного тепла, инсоляции, ветровым характеристикам и др.;

19 – подробная характеристика микроклимата в условиях естественного ландшафта;

20 – подробная характеристика микроклимата в условиях городской застройки.

Учебное электронное издание

АНАЛИЗ КЛИМАТА В АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

Методические указания

Составители

ЛЕДЕНЕВ Владимир Иванович
МАТВЕЕВА Ирина Владимировна

Редактирование И. В. Калистратовой
Графический и мультимедийный дизайнер Т. Ю. Зотова
Обложка, упаковка, тиражирование И. В. Калистратовой

Подписано к использованию 14.02.2024.
Тираж 50 шт. Заказ № 18

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.
Тел./факс (4752) 63-81-08.
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru