

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

## **АРХИТЕКТУРНАЯ ФИЗИКА**

Методические указания по курсовому проектированию  
для направления подготовки 07.03.01 «Архитектура»

Под общей редакцией доктора технических наук,  
профессора Ю.П. Скачкова

Пенза 2015

УДК 72:53(075.8)  
ББК 85.11+22.3я73  
А87

*Методические указания подготовлены в рамках проекта  
«ПГУАС- региональный центр повышения качества подготовки  
высококвалифицированных кадров для строительной отрасли»  
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –  
«Кадры для регионов»)*

Рекомендовано Редсоветом университета  
Рецензент – кандидат технических наук, доцент  
О.Л. Викторова (ПГУАС)

**Архитектурная физика: методические указания по курсовому проектированию для направления подготовки 07.03.01 «Архитектура» / Л.Н.Петрянина, Ю.А. Матиева; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. – Пенза: ПГУАС, 2015. –40 с.**

Рассмотрены методы анализа климата и возможности использования его особенностей при решении ряда архитектурно-строительных задач. Дан анализ традиционных подходов в архитектуре с учетом особенностей климата в различных климатических районах. Предложены рекомендации по проектированию застройки и зданий с учётом обеспечения требуемых параметров микроклимата.

Подготовлены на кафедре «Городское строительство и архитектура» и базовой кафедре ПГУАС при ООО «Гражданпроект» и предназначены для составления климатического паспорта местности, выполнения расчета инсоляции застройки и анализа тепловлажностного состояния ограждающих конструкций, которые используются в ходе курсового проектирования по дисциплине «Архитектурная физика» студентами, обучающимися по направлению 07.03.01 «Архитектура».

©Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2015

© Петрянина Л.Н., Матиева Ю.А., 2015

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью настоящих методических указаний является формирование у студентов навыков анализа и практического использования климатических факторов при решении архитектурно-строительных и дизайнерских задач в процессе проектирования.

В методических указаниях изложены доступные методы анализа и практические рекомендации по использованию полученных результатов в решении архитектурно-строительных и дизайнерских задач. В основу методических указаний положен материал нормативных документов, что дает возможность максимально приблизить задания, выполняемые в ходе курсового проектирования к реальным практическим задачам.

Задачи изучения дисциплины направлены на формирование следующих компетенций:

- способность к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области;
- способность строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствие полученного результата;
- способность публично представлять собственные и известные научные результаты.

## ВВЕДЕНИЕ

В процессе проектирования архитектор и строитель имеют дело с конкретным климатическим районом строительства.

Человек всегда стремился к созданию в своей среде наиболее благоприятного микроклимата. В архитектуре, и прежде всего народной, накоплен огромный опыт по совершенствованию связи между климатом, окружающей средой и характером деятельности человека. В одних случаях человек стремился защитить себя и своё жилище от отрицательного воздействия климата, в других – наоборот, максимально использовать положительные его стороны.

Россию отличает разнообразный климат, поэтому, приступая к строительству, необходимо всесторонне изучить климатические условия. Помочь в этом может специальная наука «Строительная климатология». Одним из первых ее достижений стало климатическое районирование территории бывшего СССР, что позволило расширить возможность для типового подхода к проектированию и строительству с позиций единства природно-климатических условий с гигиеническими, функциональными, техническими, эстетическими и экологическими требованиями.

Работа по климатическому районированию нашей страны, начатая в 1930-е годы, актуальна особенно сегодня, что связано с возросшими требованиями к энергосбережению.

Проблема энергосбережения является мировой и обусловлена ежегодным уменьшением мировых запасов традиционных источников энергии. Вследствие этого выдвигается на новый уровень задача более интенсивного внедрения в строительство энергоэкономичных зданий, более эффективного использования природных и возобновляемых источников энергии Солнца, ветра, терминальных вод и др.

Условия формирования климата местности зависят от многих факторов: ее географической широты, определяющей количество солнечной радиации, поступающей к Земле; циркуляции атмосферы; влагооборота; состояния атмосферы и характера земной поверхности. В зависимости от этих факторов и их взаимодействия в определенной местности формируется погода – состояние атмосферы за короткий промежуток времени.

Человек со временем адаптируется и «привыкает» к климату местности, но не к изменениям погоды. В связи с этим уже на стадии проектирования должен быть учтён фактор преобладающего типа погоды и намечены мероприятия объёмно-планировочного, конструктивного и санитарно-технического характера, обеспечивающие рациональное использование местного климата и погоды.

Работа, связанная с анализом местного климата и рекомендациями по его рациональному использованию, оформляется в форме климатического паспорта местности.

Составление климатического паспорта местности требует знания определенных методов и методик.

Обучение студентов навыкам составления климатического паспорта местности и его использования при решении некоторых архитектурно-строительных задач (выбор способа застройки с учётом требований теплозащиты, расчёты инсоляции, теплотехнических свойств ограждений и др.) является целью настоящих методических указаний.

## 1. СОСТАВЛЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО ПАСПОРТА МЕСТНОСТИ

Составление климатического паспорта местности невозможно без анализа климата, который ведется "от общего к частному", т.е. вначале оцениваются особенности климата, характерные для крупных территорий, а затем – климата конкретного участка, выбранного для строительства. При этом используют готовые климатические данные, приведенные в СП [8] или приложениях данного пособия, а также определенные методы расчета и графические построения.

По мере проведения климатического анализа составляется паспорт для архитектурно-строительного проектирования, который определяет особенности проектных решений, обусловленные местными природно-климатическими условиями, накладывающими в той или иной форме ограничения на возможные варианты проектных решений.

Строительно-климатический паспорт определённого климатического района, включает:

- анализ годового хода климатических элементов;
- воздействие ветра и температуры на жилую среду и человека;
- определение преобладающего типа погоды и соответствующего режима эксплуатации здания;
- оценку сторон горизонта местности по комплексу климатических факторов, включая требования инсоляции;
- типологические особенности проектируемого объекта (планировка жилого дома, способ застройки, теплозащита здания и др.)

Составление климатического паспорта начинают с установления климатического района и подрайона строительства и определения его климатических параметров: среднемесячных температур воздуха в январе и июле; средней скорости ветра за три зимних месяца – в подрайонах с

умеренной и холодной зимой; среднемесячной относительной влажности воздуха в июле в подрайонах с теплым и жарким климатом (табл.1, рис.1).

Т а б л и ц а 1

Климатическое районирование для строительства  
(территории России и стран СНГ)

Климатические районы	Климатические подрайоны	Среднемесячная температура воздуха в январе, °С	Средняя скорость ветра за три зимних месяца, м/с	Среднемесячная температура воздуха в июле, °С	Среднемесячная относительная влажность воздуха в июле, %
I	IA	От-32 и ниже	-	От+4 до+19	-
	IB	От -28 и ниже	5 и более	От 0 до+13	Более 75
	IV	От-14 до-28	-	От+12 до+21	-
	IG	От-14 до -28	5 и более	От0 до +14	Более 75
II	ID	От-14 до-32	-	От+10 до +20	-
	IIA	От-4 до -14	5 и более	От+8 до+12	Более 75
	IIБ	От-3 до -5	5 и более	От+12 до+21	Более 75
	IIВ	От-4 до -14	-	От+12 до+21	-
	IIГ	От-5 до -14	5 и более	От+12 до+21	Более 75
III	IIIA	От-14 до-20	-	От+21 до +25	-
	IIIB	От-5 до+2	-	От+21 до +25	-
	IIIV	От-5 до -14	-	От+21 до+25	-
IV	IVА	От -10 до +2	-	От +28 и выше	-
	IVБ	От+2 до+6	-	От +22 до +28	50 и более в15ч
	IVВ	От 0 до +2	-	От +25 до +28	-
	IVГ	От -15 до 0	-	От +25 до +28	-

П р и м е ч а н и е . Климатический подрайон ID характеризуется продолжительностью холодного периода года (со средней суточной температурой воздуха ниже 0°С) 190 дней в году и более.

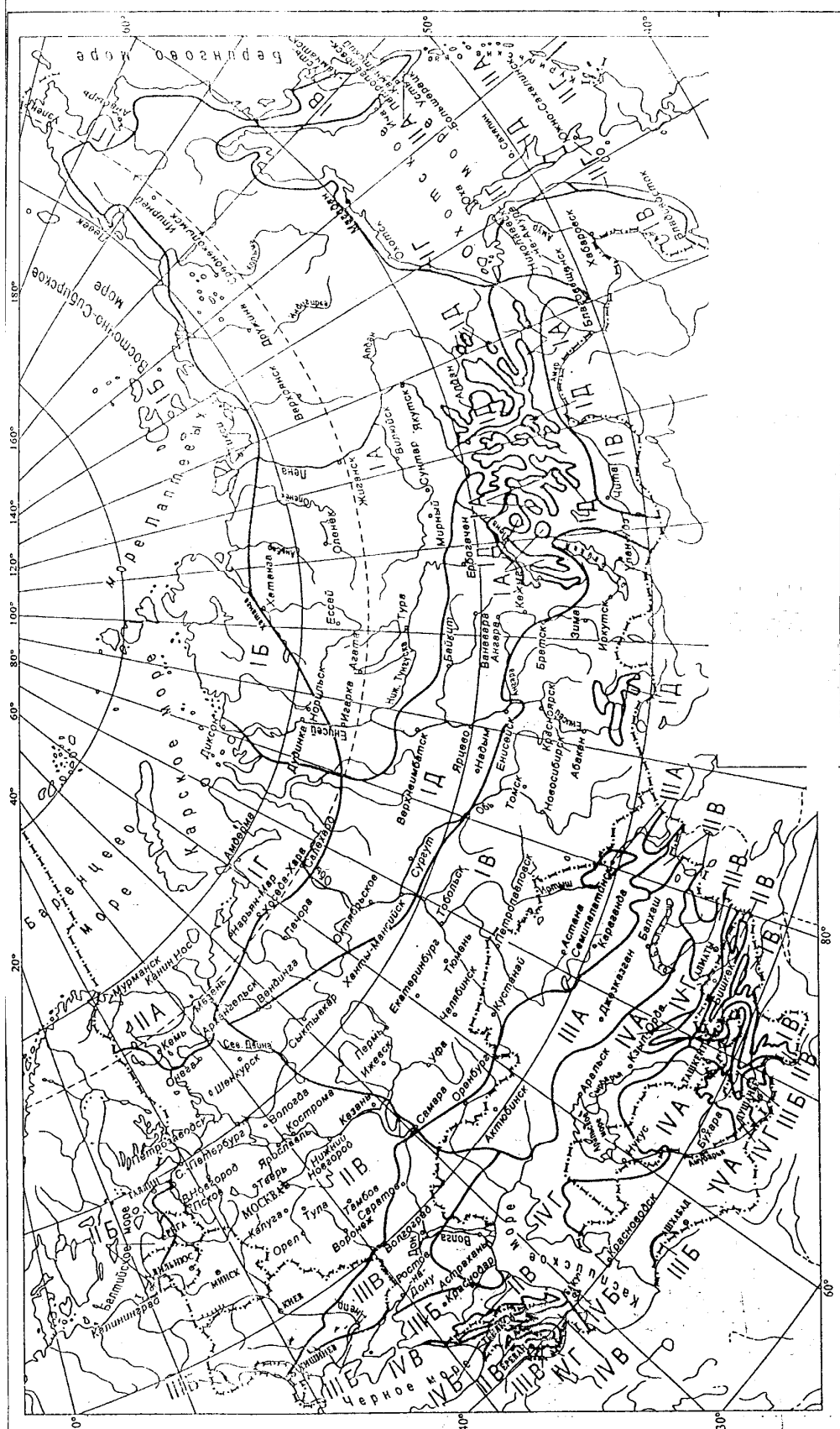


Рис.1. Схематическая карта климатического районирования для строительства (рекомендуемая)

Перечисленные характеристики дают только самые общие представления о климате местности, выбранной для строительства. Для более полного учета климата необходимо знать ряд других климатических характеристик и сведений о погоде. Поэтому далее необходимо провести анализ годовых изменений климатических элементов. В качестве анализируемых климатических элементов принимают: средние значения температуры воздуха, относительной влажности воздуха и скорости ветра по каждому месяцу года. Анализ этих параметров выполняют графическим способом, используя бланк-сетку (рис. 2).

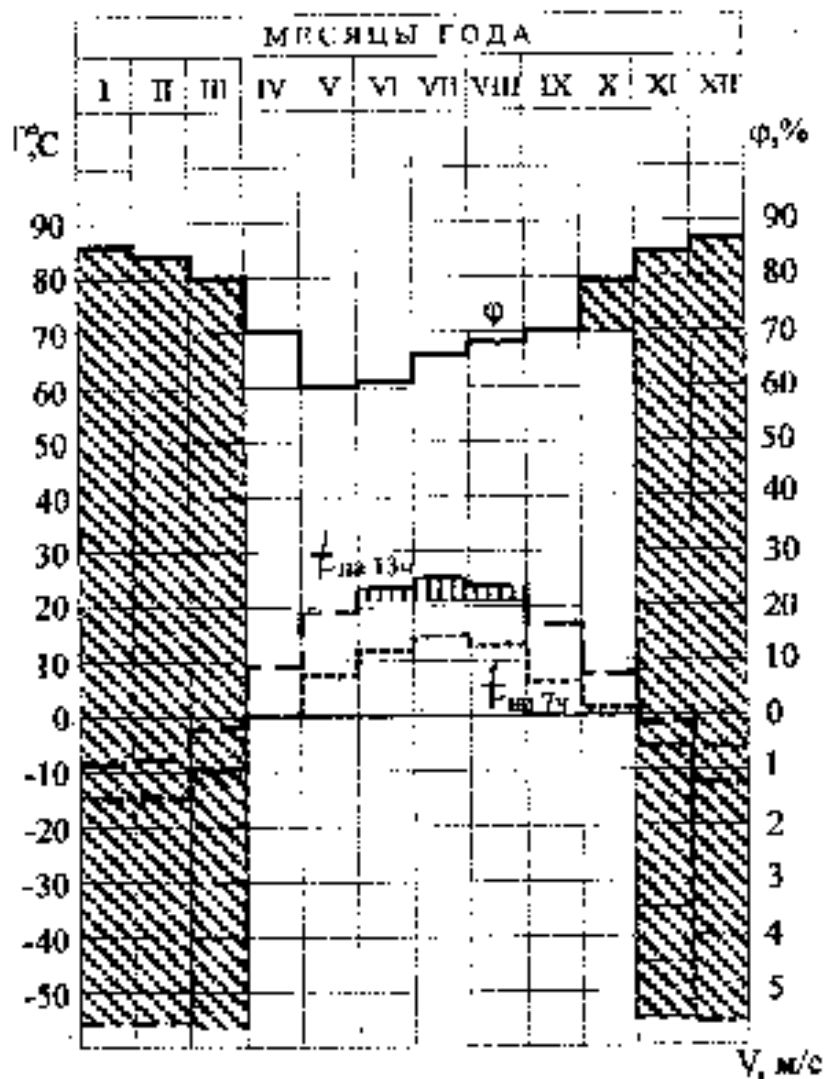


Рис.2. Годовой ход изменения климатических элементов (г. Пенза)



Горизонтальная ось бланк-сетки соответствует месяцам года. На левой вертикальной оси отмечают значения температур, отсчитываемых от нуля вверх и вниз (положительные и отрицательные температуры на 7 и 13 часов –  $t_7^{\circ}\text{C}$  и  $t_{13}^{\circ}\text{C}$ ). На правой вертикальной оси отмечаются значения относительной влажности, отсчитываемой от нуля вверх ( $\varphi$ , %), и значения скорости ветра, отсчитываемой от нуля вниз ( $v$ , м/с).

Для удобства запись значений  $t_7^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{13}^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi$ , % и  $v$ , м/с, можно вести в табличной форме (табл.2). После нанесения числовых значений климатических характеристик выявляют и отмечают неблагоприятные месяцы года при воздействии на человека: сочетание отрицательных температур и высокой влажности (более 70%) и температур, близких к нулю, с любой скоростью ветра. Выявляют также наиболее жаркий период лета со среднемесячной температурой выше  $21^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность неблагоприятных воздействий в дальнейшем учитывают при разработке архитектурных и конструктивно-типологических особенностей зданий и территорий застройки.

Т а б л и ц а 2

Значение климатических элементов (г. Пенза)

Месяцы года	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Наименование климатических элементов												
Среднемесячная температура $t_{\text{cp}}$ (прил.1)	-12,2	-11,3	-5,6	4,9	13,5	17,6	19,6	18,0	11,9	4,4	-2,9	-9,1
Амплитуда температурных колебаний $A_{\text{cp}}$ (прил.2)	6,6	7,3	7,8	8,9	11,2	11,4	10,9	10,8	9,9	6,6	5,6	5,8
Температура на 7 часов $t_7^{\circ}\text{C}_{\text{расч}} + 0,5A_{\text{cp}}$	-15,5	-14,9	-9,5	0,5	7,9	11,9	14,2	12,6	6,6	1,1	-5,27	-12,0

## Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Температура на 13 часов $t_{13}^{\circ} = t^{\circ}C_{cp} - 0,5A_{cp}$	-7,8	-7,7	-1,7	9,3	19,1	23,3	25,0	23,4	16,8	7,7	-5,7	-6,2
Относительная влажность воздуха $\varphi$ , %	86	83	80	70	60	61	66	68	70	79	84	87
Средняя скорость ветра за январь и июль, $v$ янв., м/с, $v$ июль, м/с (прилож.6)	5,6						4,8					

На следующем этапе по месяцам проводят анализ влияния ветра и температуры воздуха на жилую среду и человека для зимнего и летнего периодов года (рис.3).

Этот анализ позволяет выявить ряд требований к зданиям и застройке в зависимости от адаптации человека к климату местности и сезону года.

Наиболее полную характеристику ветрового режима местности дает так называемая "роза ветров".

"Роза ветров" – это графическое изображение скорости, м/с, и повторяемости, %, ветра в определенный период года для данной местности по восьми направлениям сторон света (румбам) — основным и промежуточным (С, С-В, В, Ю-В, Ю, Ю-З, З, С-З). «Розу ветров» строят графически на зимний (январь) и летний (июль) месяцы (рис.4).

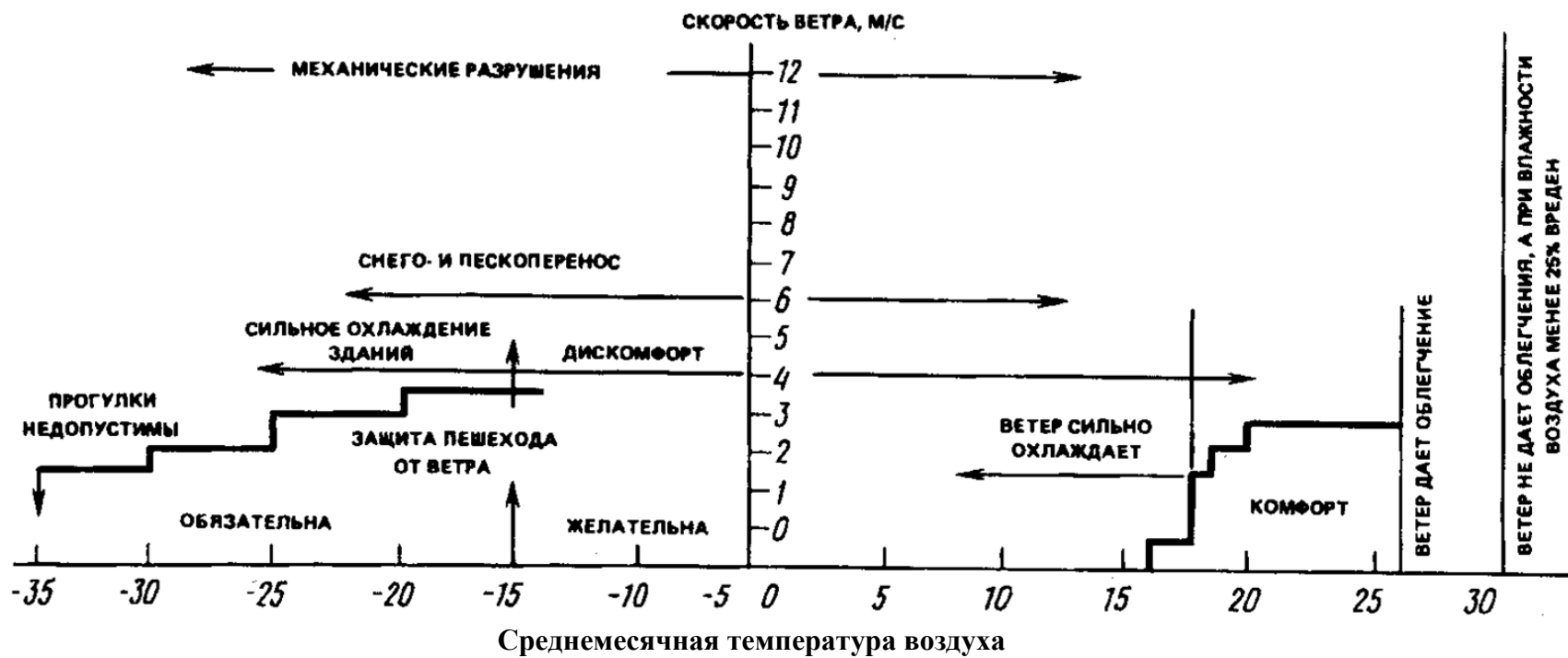


Рис. 3. График воздействия ветра и температуры воздуха на жилую среду и человека

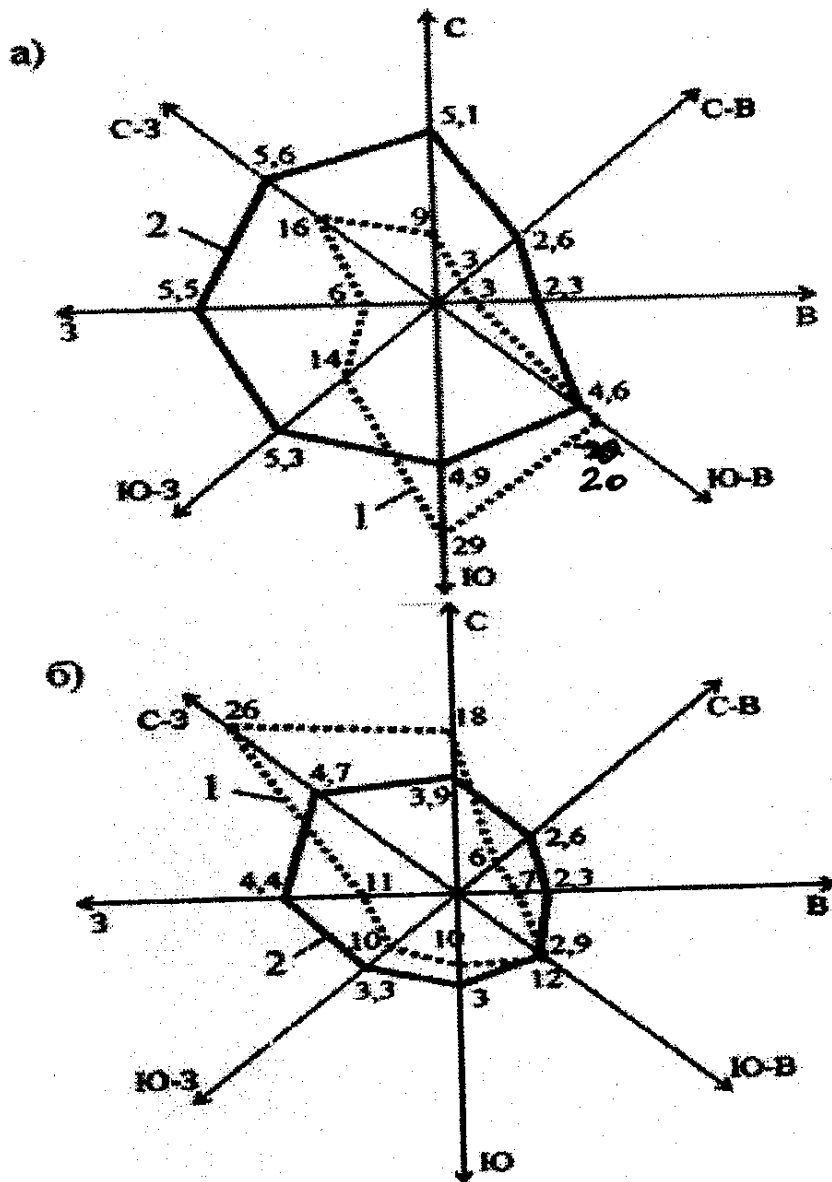


Рис. 4. «Розы ветров» для г. Пензы:  
 а) в зимний период (январь); б) в летний период (июль);  
 1 – повторяемость ветра по румбам, %;  
 2 – средняя скорость ветра, м/с

«Розу ветров» учитывают при разработке генеральных планов населённых мест или отдельных участков застройки, при расчётах аэрации зданий и территорий, воздухопроницаемости ограждающих конструкций, защите зданий от переохлаждения и др.

**Определение преобладающего типа погоды.** В зависимости от различных сочетаний среднемесячных значений температуры воздуха, влажности и скорости ветра можно установить тип погоды для каждого

месяца года. Всего установлено 7 типов погоды: жаркая, сухая, теплая, комфортная, прохладная, холодная и суровая. Тип погоды устанавливают по общепринятой классификации, согласно табл. 3 или рис.5.

Температура в градусах Цельсия	Верхний предел	Нижний предел	Относительная влажность воздуха в %			
			0-24	25-49	50-74	75-100
			47,9	44,0		
43,9	40,0					
39,9	36,0					
35,9	32,0					
31,9	28,0					
27,9	24,0					
23,9	20,0					
19,9	16,0					
15,9	12,0					
11,9	8,0					
7,9	4,0					
3,9	0,0					
-0,1	-3,9					
Скорость ветра в м/с						
			0-1,9	2-4,9	5-9,9	10-и более
-4,0	-11,9					
-12,0	-19,9					
-20,0	-27,9					
-28,0	-35,9					
-36,0	-47,9					
-48,0	-59,9					
-60,0	-71,9					

Типы погоды			
	ЖАРКАЯ		ПРОХЛАДНАЯ
	СУХАЯ (засушливая)		ХОЛОДНАЯ
	ТЕПЛАЯ		СУРОВАЯ
	КОМФОРТНАЯ		

Рис. 5. Классификация погодных условий

Запись погодной классификации определенной местности за год обычно оформляют в табличной форме по образцу (табл. 4).

Таблица 3

Классификация типов погоды  
и соответствующие режимы эксплуатации жилища

№ п/п	Тип погоды	Режим эксплуатации жилища	Среднемесячная температура воздуха, °С	Средняя относительная влажность воздуха, %	Средняя скорость ветра, м/с
1	2	3	4	5	6
1.	Жаркая (сильный перегрев при нормальной и высокой влажности)	Изолированный. Затенение, аэрация, компактное объемно-планировочное решение зданий полное кондиционирование воздуха, побудительная вытяжная вентиляция, воздухопроницаемость V теплозащита ограждений	40 и выше 32 и выше 25 и выше	24 и менее 25...49 50 и более	- - -
2.	Сухая жаркая (сильный перегрев при низкой влажности)	Закрытый. Затенение, защита от пыльных ветров, искусственное охлаждение помещений без снижения влагосодержания, воздухопроницаемость, теплозащита ограждений	32...39,9	24 и менее	-
3.	Теплая (перегрев)	Полуоткрытый. Затенение и аэрация, сквозное (угловое и 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	- - - -
4.	Комфортная (тепловой комфорт)	Открытый. Отсутствие кли-матозащитной функции архитектуры, 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	- - -
5.	Прохладная	Полуоткрытый. Защита от ветра, ориентация на солнце, отопление малой мощности, трансформация и необходимая воздухопроницаемость ограждений	4-12	-	0 и более

## Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6
6.	Холодная (охлаждение)	Закрытый. Защита от ветра, ориентация на солнце, компактно объемно-планировочное решение, закрытые лестницы, шкафы для верхней одежды, центральное отопление средней мощности, вытяжная канальная вентиляция, воздухопроницаемость и теплозащита ограждений	-35,9...+4 -27,9...+4 -19,9...+4 -11,9...+4	- - - -	1,9 и менее 2...4,9 5...9,9 10 и более
7.	Суровая (сильное охлаждение)	Изолированный. Переходы между жилищем и сетью первичного обслуживания, максимальная компактность зданий, отопление большой мощности, искусственная приточная вентиляция с обогревом и увлажнением воздуха, высокие воздухопроницаемость 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 качестве минимальной продолжительности типа погоды, определяющего режим эксплуатации жилища, принят 1 месяц.

Итоговая запись в виде подсчета количества одностипных погодных условий наглядно выявляет преобладающий тип погоды в течение года. Так, по данным табл. 4 это составляет 12Х, 5П, 1Т, 6К, что свидетельствует о холодном преобладающем типе погоды.

По преобладающему типу погоды должен быть принят соответствующий режим эксплуатации здания, т.е. его типологические особенности объемно-планировочного и конструктивного решения, систем отопления, вентиляции и др. Режимы эксплуатации зданий в зависимости от преобладающего типа приведены в табл. 3.

Комплексная оценка сторон горизонта местности завершает составление климатического паспорта

## Запись типов погоды

Город	Время суток	Типы погоды по месяцам года											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Пенза	7 часов	X	X	X	X	П	П	К	К	П	X	X	X
	13 часов	X	X	X	П	К	К	Т	К	К	П	X	X

Примечание. с – суровая; х – холодная; п – прохладная; т – теплая; к – комфортная; ж – жаркая.

Для комплексной оценки делают построение круговой диаграммы, на которой в виде секторов отмечают зоны по ориентации: запрещенные, нежелательные, неблагоприятные и благоприятные по ряду климатических факторов (рис. 6).

Так, для оценки сторон горизонта по условиям ветроохлаждения в зимний период, используя "розу ветров", определяют сектор с максимальным значением скорости и наибольшей повторяемостью ветра. На круговой диаграмме эти направления представлены как нежелательные для ориентации фасадов зданий. При оценке сторон горизонта на случай возможного перегрева зданий нежелательна ориентация фасадов на юго-запад и запад. Это особенно нежелательно для районов строительства, имеющих в летнее время среднемесячную температуру воздуха более 21°C. Сектор, находящийся в пределах с-з, с, с-в недопустим по условиям инсоляции.

На основе итоговой оценки климата местности по комплексу климатических факторов делают общие выводы, связывающие климатические характеристики с решением планировочных, конструктивных и градостроительных задач.



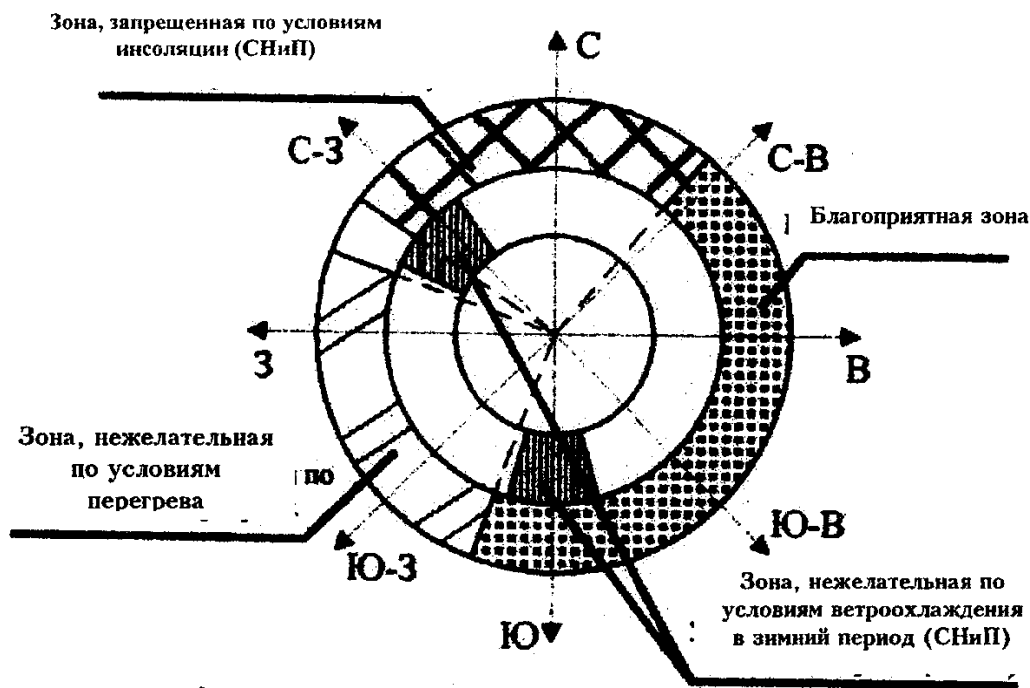


Рис. 6. Оценка сторон горизонта по комплексу климатических факторов

На основе климатического паспорта разрабатывают рекомендации по эффективному использованию климатических факторов местности, как резерву повышения качества архитектуры.

## 2. ИНСОЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ И ЗАСТРОЙКИ

Под инсоляцией понимают совокупность светового, ультрафиолетового и теплового воздействий Солнца.

Освещая территорию, фасады и интерьеры зданий, лучи Солнца в значительной мере определяют качество окружающей среды, оказывают большое влияние на микроклимат, на освещение и гигиену помещений, на выразительность архитектурных композиций и форм.

Одна из задач архитекторов состоит в том, чтобы архитектурно-планировочными и строительными средствами в наибольшей степени использовать положительные функции Солнца и устранить его отрицательное воздействие на человека.

Выполнение этих требований заложено в нормы по инсоляции [7]. Расчеты инсоляции являются обязательными на стадии разработки предпроектной и проектной документации как отдельных зданий, так и застройки.

Продолжительность инсоляции регламентируется в:

- жилых зданиях;
- детских дошкольных учреждениях;

– учебных учреждений общеобразовательных, начального, среднего, дополнительного и профессионального образования, школах-интернатах, детских домах и др.;

– лечебно-профилактических, санаторно-оздоровительных и курортных учреждениях;

– учреждениях социального обеспечения (домах-интернатах для инвалидов и престарелых и др.).

В целях наилучшего использования благоприятных свойств солнечного света нормируемая продолжительность непрерывной инсоляции для помещений жилых и общественных зданий устанавливается нормами [7] дифференцированно в зависимости от типа квартир, функционального назначения помещений, планировочных зон города, географической широты:

– для северной зоны (севернее  $58^{\circ}$  с.ш.) – не менее 2,5 часа в день с 22 апреля по 22 августа;

– для центральной зоны ( $58^{\circ}$  с.ш. –  $48^{\circ}$  с.ш.) – не менее 2 часов в день с 22 марта по 22 сентября;

– для южной зоны (южнее  $48^{\circ}$  с.ш.) – не менее 1,5 часа в день с 22 апреля по 22 сентября.

Для обеспечения нормируемых требований по инсоляции застройки и помещений архитектору приходится решать следующие практические задачи:

– определять действительную продолжительность инсоляции территории застройки и помещений;

– строить и исследовать контуры теней для определения допустимых расстояний между зданиями и мест расположения в застройке спортивных и детских площадок, цветников и т. д.

Решение этих задач наиболее просто и удобно проводить с помощью инсографиков Дунаева (рис. 7).

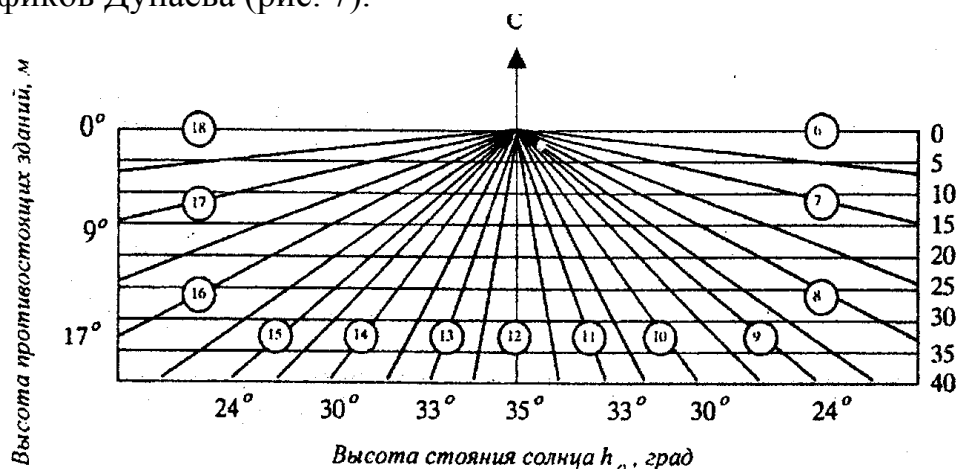


Рис. 7. Инсографик Б. А. Дунаева

Инсографик состоит из двух систем линий:

- часовых радиальных линий, представляющих горизонтальные проекции солнечного луча, направленного к расчетной точке в различное время дня;

- горизонтальных линий, показывающих в метрах превышение карниза противостоящего (затеняющего) здания над уровнем расчетной точки затеняемого здания.

При каждой радиальной линии на инсографике в кружках показывают часы по солнечному времени и высоту Солнца над горизонтом в градусах.

Графики составляют для определенной географической широты. На рис.7 показан инсографик, построенный для местности, расположенной на широте  $55^\circ$  (масштаб 1:500). Графики могут быть построены и в других масштабах в зависимости от масштаба проектов застройки, например 1:1000, 1:2000.

При строительстве зданий в условиях сложившейся застройки становится актуальным определение продолжительности инсоляции помещений с тем, чтобы не затенялись существующие здания и обеспечивалась нормируемая продолжительность инсоляции помещений каждого здания.

При определении продолжительности инсоляции и подборе типа жилой секции (при этом необходимо учитывать, прежде всего, ориентацию 1-комнатных квартир) руководствуются следующими принятыми терминами и понятиями:

- расчетные (главные) стороны жилых зданий – стороны, на которых расположены расчетные комнаты квартир. В зданиях широтного типа за расчетную сторону принимают ту, на которую выходят квартиры односторонней ориентации и часть комнат квартир двухсторонней ориентации. В зданиях меридионального типа обе стороны являются расчетными;

- расчетные помещения – жилые комнаты и помещения общественных зданий, в которых нормируется продолжительность инсоляции;

- продолжительность инсоляции в жилых зданиях должна быть обеспечена не менее чем в одной комнате 1-3-комнатных квартир и не менее чем в двух комнатах 4-комнатных и более квартир;

- расчетная высота противостоящего здания ( $H_p$ , м) – отсчитывается от расчетной точки исследуемого помещения до карниза (парапета) или конька кровли противостоящего здания. При расчетах инсоляции и затенения территории  $H_p$  отсчитывается от уровня земли до карниза затеняющего здания;

- расчетная точка – точка на пересечении горизонтальных лучей солнца, представляющих начало и окончание инсоляции без учёта окружающей застройки;

– инсоляционные углы светопроёма – горизонтальные и вертикальные углы, в пределах которых на плоскости светопроёма возможно поступление прямых солнечных лучей;

– при расчете инсоляционных углов глубина световых проёмов принимается равной расстоянию от наружной плоскости стены до внутренней плоскости переплёта;

– расчёт продолжительности инсоляции помещений выполняется в расчетной точке, которая определяется с учётом расположения и размеров затеняющих элементов здания.

Рассмотрим ряд задач, связанных с определением продолжительности инсоляции помещений и территорий, а также построением контура теней («конверта теней») от здания.

Исходными данными для решения этих задач являются:

– фрагмент плана застройки (М1:500), выполненный с учетом таких климатических факторов, как ветер, температура, влажность (см. разделы 2, 3);

– толщина стен; высота этажа; расстояние от уровня земли до низа окна; расстояние от уровня чистого пола до подоконника; ширина и высота светопроёма, определяемые по ГОСТ [5], [6].

**Задача 1.** Пользуясь инсографиком Дунаева, требуется определить:

– продолжительность инсоляции помещения, расположенного по середине фасада исследуемого здания;

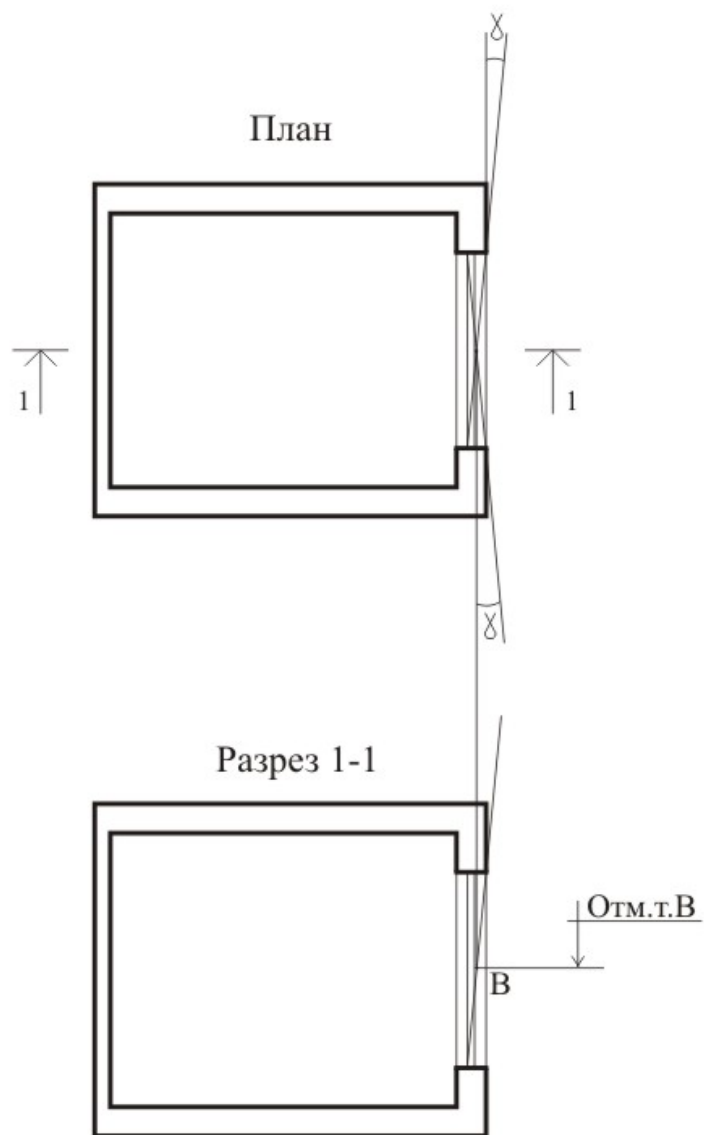
– дать заключение о соответствии действительного времени инсоляции помещения нормируемому;

– наметить пути для выбора оптимальных разрывов между инсолируемым и затеняющим зданиями.

### *Решение задачи 1*

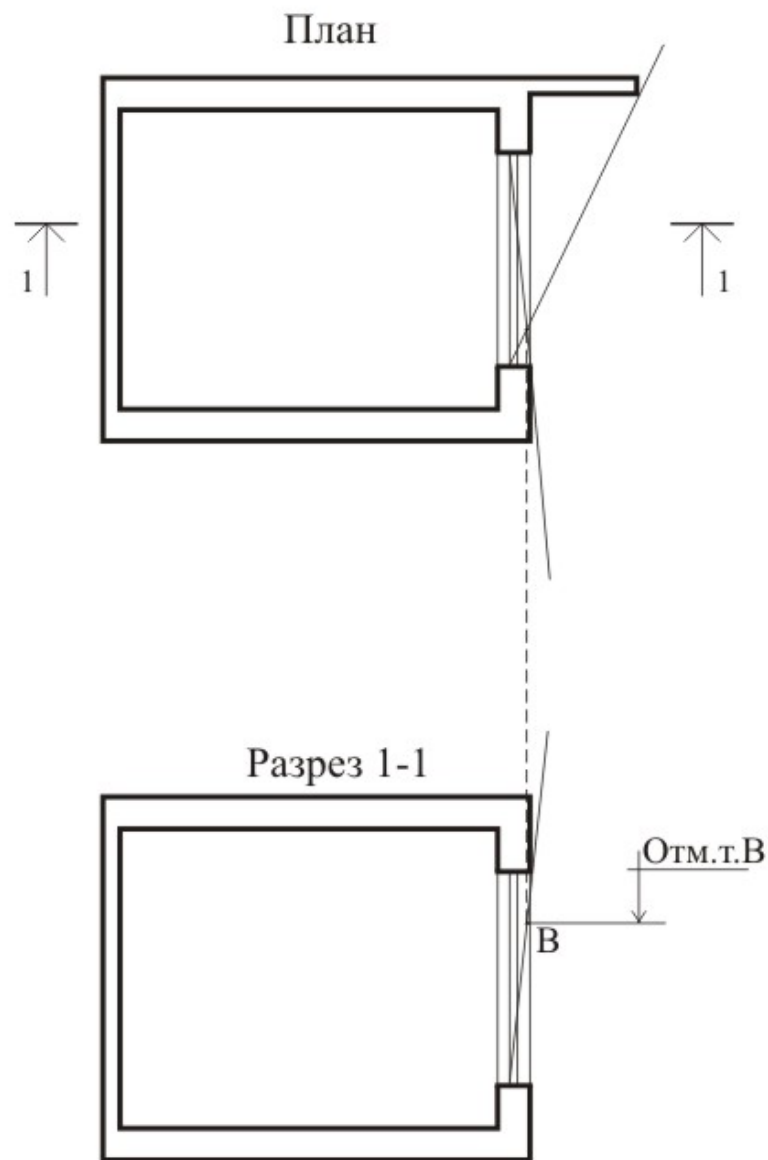
1. Вычерчивается на кальке в масштабе высот инсографика план исследуемого здания и окружающей его застройки, расположенной с восточной, южной и западной сторон. Количество этажей исследуемого здания и высоты сооружений, окружающих его, принимается в соответствии с проектным заданием.

2. На плане и вертикальном разрезе помещения определяют горизонтальные и вертикальные инсоляционные углы светопроёма и расчётную точку «В» помещения в плане (рис. 8, 9, 10).



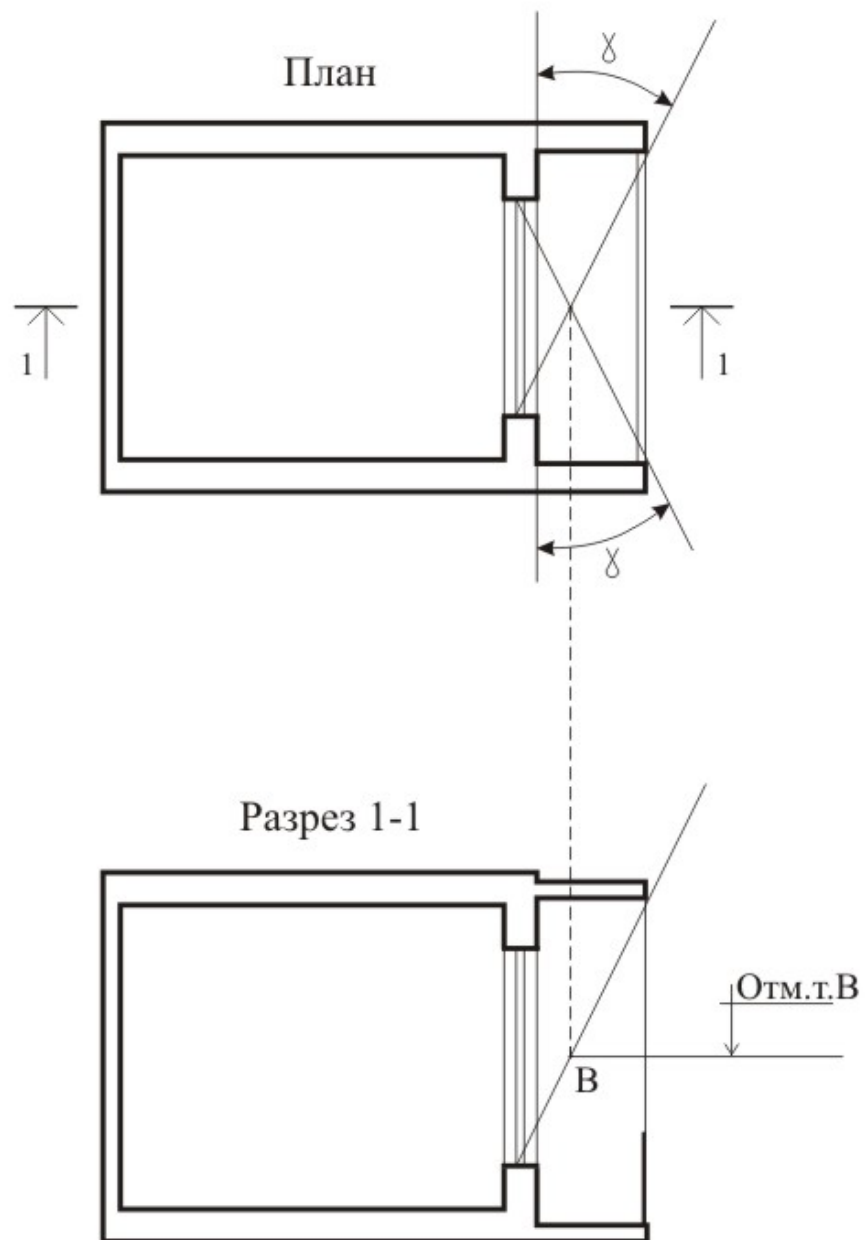
$\gamma$  - горизонтальный угол затенения светопроема

Рис. 8. Схема определения расчетной точки для окна



$\chi$  - горизонтальный угол затенения светопроема

Рис.9. Схема определения расчётной точки для окна с примыкающей стеной



$\gamma$  - горизонтальный угол затенения светопроема

Рис. 10. Схема определения расчётной точки для окна с лоджией

3. Определяется продолжительность инсоляции расчётной точки помещения, расположенной по середине фасада изучаемого здания. Для этого инсо-график накладывают на фрагмент участка застройки так, чтобы его центральная точка совпала с расчётной точкой на фасаде здания, а полученная часовая линия была расположена по линии меридиана (рис. 11).

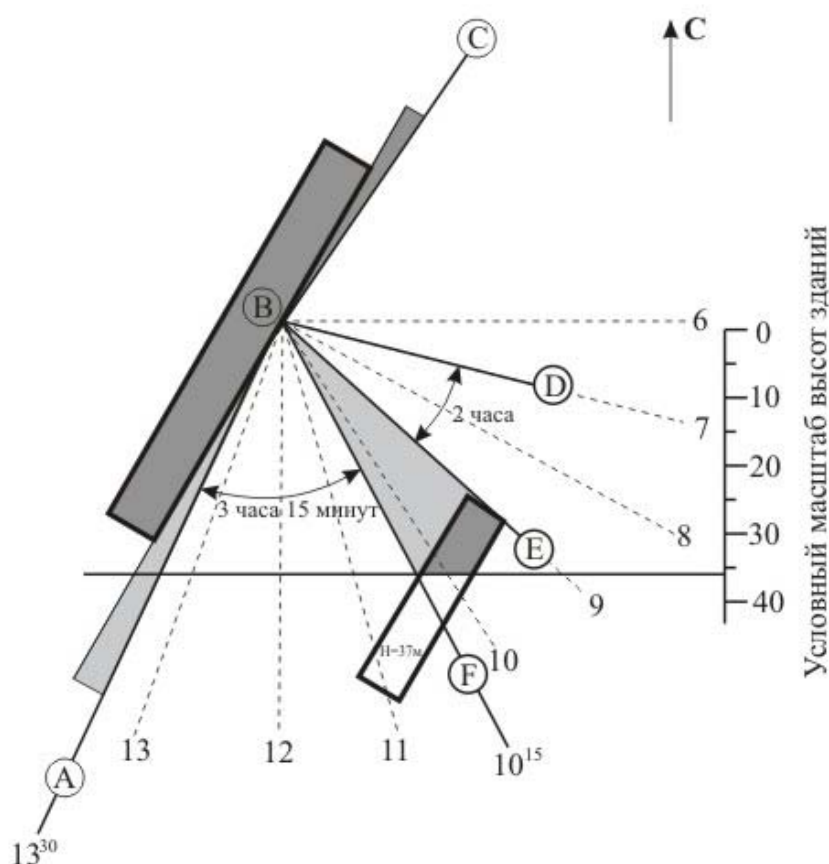


Рис. 11. Схема определения продолжительности инсоляции помещения (точка В)

4. Отмечают расчетную высоту противостоящего здания по условному масштабу высот здания на инсоляционном графике.

5. Определяется продолжительность затенения расчетной точки помещения по числу пересеченных часовых линий всем зданием или его частью, расположенной между линией расчётной высоты здания и параллельной ей линией, проходящей через исследуемую точку в пределах горизонтального инсоляционного угла светопроёма.

Продолжительность инсоляции расчетной точки или помещения определяется по числу непересеченных часовых линий. Для наглядности на рис.11 показана только одна горизонталь 37, соответствующая превышению затеняющего здания над расчетной точкой.

Согласно рис.11, значительная часть здания (отмеченная штриховкой) оказывается севернее горизонтали 37 и, следовательно, пересекает лучевые линии, создавая частичное затенение расчетной точки.



Исходя из этих условий, определяется инсоляционный режим точки В. При отсутствии здания I точка В освещалась бы Солнцем с 7 до 13 ч 30 мин, т.е. непрерывно в течение 6 ч 30 мин. Здание I сокращает общую продолжительность инсоляции точки и делит общий ее период на два: первый с 7 до 9 ч, а второй будет продолжаться с 10 ч 15 мин до 13 ч 30 мин. Общая продолжительность инсоляции расчетной точки составляет 5 часов 15 минут. При этом учитывается, что для районов южнее  $58^\circ$  с.ш. в течение первого часа после восхода солнца и последнего часа перед его заходом инсоляция из-за малой ее эффективности не учитывается (для районов севернее  $58^\circ$  с.ш. не учитывается 1,5 часа).

Согласно действующим санитарным нормам [7], такая продолжительность инсоляции больше нормируемого значения, т.е. 5 ч.15 мин > 2 ч. Поэтому если здание I является проектируемым, то расстояние между строениями можно сократить, а также увеличить высоту затеняющего здания. Это особенно актуально при реконструкции жилой застройки, расположенной в центральной, исторической зоне города. При этом необходимо учитывать и градостроительные нормы [10], по которым возможное расстояние между строениями не должно превышать суммы высот противостоящих зданий.

Допускается превышение продолжительности инсоляции, если она носит прерывистый периодический характер, при котором один из периодов составляет не менее 1,0 часа. При этом продолжительность нормируемой инсоляции увеличивают на 0,5 часа соответственно для каждой зоны.

Допускается также снижение продолжительности инсоляции на 0,5 часа для северной и центральной зоны в двухкомнатных и трёхкомнатных квартирах, где инсолируется не менее двух комнат и в многокомнатных квартирах (четыре и более комнаты), где инсолируется не менее трех комнат. Снижение продолжительности инсоляции допускается также при реконструкции зданий и жилой застройки.

**Задача 2.** Подобрать тип жилой секции (меридиональный или широтный) для инсолируемого дома.

### *Решение задачи 2*

На фрагменте застройки подбирается тип жилой секции исследуемого дома, определяются оптимальные разрывы между зданиями. В рассмотренном выше примере (см. рис.11) нормируемое значение инсоляции будет обеспечено только в комнатах, выходящих окнами на продольную сторону здания, обращенную на Ю-В. Комнаты, выходящие окнами на другую продольную сторону дома, будут инсолироваться менее 2 часов. Следовательно, для данного жилого дома необходимо рекомендовать секции широтного типа.

**Задача 3.** Построить «конверт теней» от исследуемого здания, с целью определения продолжительности инсоляции территории участка застройки.

*Решение задачи 3*

Продолжительность инсоляции участка можно определить для расчётной точки способом, описанным выше, либо построить конверт теней от исследуемого здания.

При расчёте продолжительности инсоляции территории участка принимается расчётная точка, которая расположена в центре инсолуруемой половины участков территории.

На территориях детских игровых площадок, спортивных площадок жилых домов, групповых площадок дошкольных учреждений, спортивной зоны, зоны отдыха общеобразовательных школ и школ-интернатов продолжительность инсоляции в этой расчётной точке должна составлять не менее 3 часов на 50 % площади участка независимо от географической широты.

Для построения контура теней от исследуемого дома выбирается опорная точка на здании, которая должна послужить основанием для построения всего "веера" почасовых теней. Наиболее удобной для этой цели точкой служит угол здания, обращенный к северу. С этим углом совмещается центральная точка инсографика, положение которого должно быть диаметрально противоположным его положению при определении продолжительности инсоляции (рис.12).

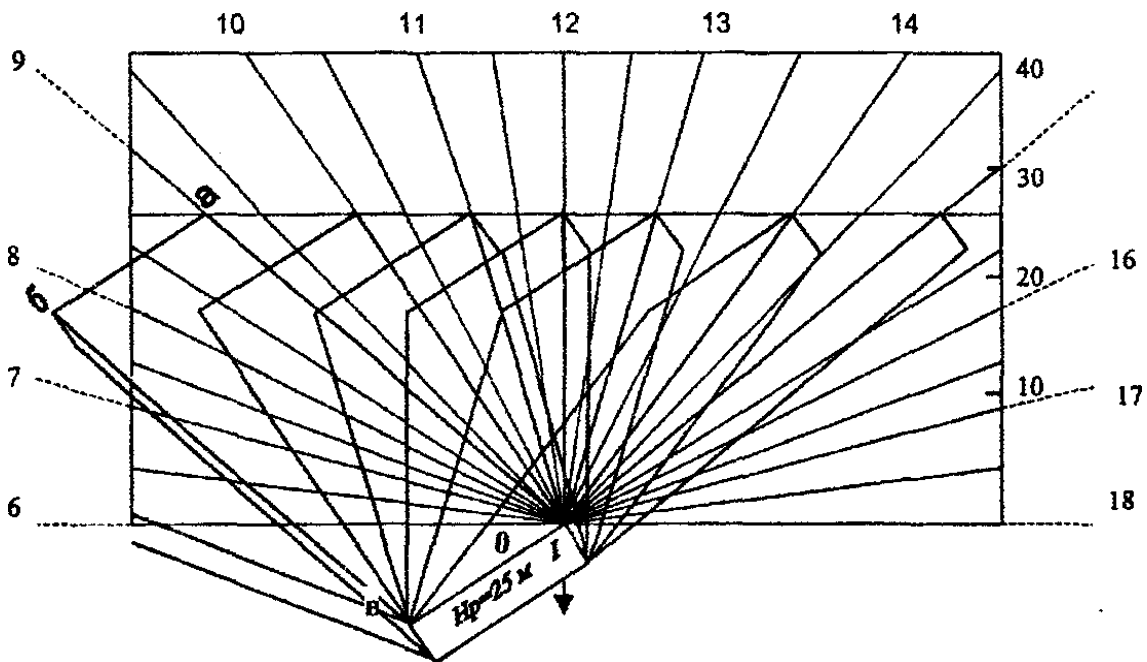


Рис. 12. Пример построения контура теней на участке территории от здания

Принимая расчетную высоту здания равной 25 м, на инсограммике отмечается соответствующая горизонталь, которая будет совпадать с горизонтальной поверхностью земли.

Часовые линии инсограммике будут представлять собой в данном случае направление тени от опорной точки здания. Конец тени в течение дня будет перемещаться на участке по прямой линии, совпадающей с линией высоты здания. Из рис.15 видно, что все тени касаются своими углами этой линии, что облегчает последовательное их построение. Так, например, в 9 часов дня линия тени от опорного угла здания пойдет по соответствующей часовой радиальной линии до точки *a* по горизонтали.

Параллельно ей будет направлена линия тени от угла здания *b*, и их концы соединит линия тени *b-a*, параллельная карнизу. Подобным образом строят тени в течение всего дня. На рис. 15 показана часть «конверта теней» на период с 8 до 15 часов.

Решение данной задачи позволяет правильно выбрать место для расположения (с учётом нормируемой продолжительности инсоляции участка) детских, спортивных, игровых площадок, цветников и т.п.

### 3. МИКРОКЛИМАТ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

Под микроклиматом помещений принято понимать состояние воздушной среды помещения, оказывающее воздействие на человека. Характеризуется показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, относительной влажности воздуха и скорости его движения [4].

Оптимальные параметры микроклимата помещений определяют сочетания значений показателей, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении терморегуляции и поддерживают ощущение комфорта не менее чем у 80% людей, находящихся в помещении.

Оптимальные параметры устанавливаются в зависимости от характера деятельности или поведения человека в помещении, результирующей температуры помещения и периода года. Результирующая температура помещений представляет комплексный показатель, зависящий от средней по площади температуры внутренних поверхностей ограждений помещения и отопительных приборов и температуры воздуха в помещении.

В тех случаях, когда обеспечение оптимальных параметров микроклимата в помещении затруднительно, предусматривают определенный диапазон допустимых отклонений.

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха для жилых помещений в обслуживаемых зонах приведены в табл. 5. Под обслуживаемой зоной понимают пространство, ограниченное плоскостями, параллельными полу на высоте от его уровня 1,0 и 2,0 м и стенам на расстоянии 0,5 м от их внутренних поверхностей (зона обитания).

Т а б л и ц а 5

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне помещений жилых зданий и общежитий

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая
Холодный период	Жилая комната	20-22	18-24	19-20	17-23	45-30	60	0,15	0,2
	То же, в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже	21-23	20-24	20-22	19-23	45-30	60	0,15	0,2
Теплый период	Жилая комната	22-25	20-28	22-24	18-27	60-30	65	0,2	0,3

П р и м е ч а н и е . Холодный период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха, равной 8°С и ниже; теплый период года соответственно температурой выше 8°С.

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне общественных зданий устанавливают в зависимости от категории помещений для холодного и теплого периодов года. Согласно принятой классификации по ГОСТ [4] установлено 6 категорий помещений, при этом категория 3 подразделена на категории 3а, 3б и 3в. Категорию помещений устанавливают в зависимости от характера деятельности или поведения людей в помещении. Например, к категории 1 относят помещения, в которых люди находятся в положении лёжа или в состоянии покоя и отдыха; к катего-

рии 2 – помещения, в которых люди находятся преимущественно в положении сидя без уличной одежды (3а), сидя в уличной одежде (3б) и в положении стоя без уличной одежды (3в).

К помещениям категории 6 относят помещения с временным пребыванием людей (вестибюли, гардеробы, коридоры, лестницы, санузлы и т.п.).

Требуемые параметры микроклимата в помещениях обеспечивают комплексом мер: градостроительных (способы застройки с учётом климата), архитектурно-строительных (объёмно-планировочные и конструктивные решения зданий) и инженерных (системы отопления, вентиляции).

Среди указанных мер особое значение придают конструктивному решению наружных ограждений (стены, окна, балконы, покрытия).

Рассмотрим теплотехнические требования применительно к глухим участкам фасадов без учёта теплопроводных включений (сквозные швы из раствора, стыки панелей, гибкие связи и др.)

**В зимних условиях** нормами [9] установлены три показателя тепловой защиты здания:

а) приведённое сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания;

б) санитарно-гигиенический, включающий температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы;

в) удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих конструкций зданий с учётом объёмно-планировочных решений зданий и выбора систем поддержания микроклимата для достижения нормируемого значения этого показателя.

В жилых и общественных зданиях требования теплозащиты считаются выполненными, если будут соблюдены требования показателей «а» и «б», либо «б» и «в».

Требования показателей «в» во многом определяются эффективностью используемых систем отопления и в нашем случае не рассматриваются.

В отечественной практике строительства продолжительное время использовали преимущественно однослойные конструкции наружных стен из кирпича, блоков и панелей (рис.13, а). В настоящее время такие конструкции могут быть рекомендованы только для районов с теплым и мягким климатом.

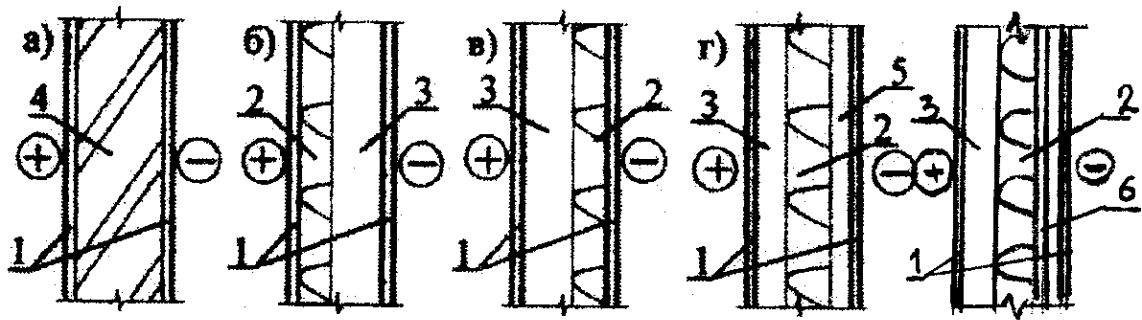


Рис.13. Варианты конструктивных решений наружных стен:  
 а) однослойная; б) двухслойная с внутренним расположением утеплителя;  
 в) двухслойная с наружным расположением утеплителя; г) многослойная;  
 д) многослойная с воздушной прослойкой;  
 1 – фактурный слой; 2 – утеплитель; 3 – несущий слой;  
 4 – однослойная панель; 5 – защитный слой; 6 – воздушная прослойка

В большинстве климатических районов и подрайонов России следует ориентироваться на многослойные конструкции стен (рис. 13, б-д). Материалы слоёв (несущие и ограждающие) многослойных конструкций стен назначают с учётом их теплотехнических характеристик.

Основным содержанием теплотехнических расчётов многослойных наружных ограждений является выбор материала и определение необходимой толщины утепляющего слоя.

По условиям энергосбережения согласно требованиям «а» теплозащиты зданий расчётное (фактическое) значение сопротивления теплопередаче наружной стены  $R_0^{\text{расч}}$ ,  $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ , должно быть не менее приве-

денного,  $R_{\text{рег}}^{\text{пр.}}$ ,  $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ , т.е.

$$R_0^{\text{расч}} \geq R_{\text{рег}}^{\text{пр.}} ; \quad (1)$$

В этом выражении  $R_0^{\text{расч}}$  определяется формулой

$$R_0^{\text{расч}} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}} + R_{\text{в.п}} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}}, \quad \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}, \quad (2)$$

где  $\alpha_{\text{int}}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$ , принимаемый по табл. 7 СНиП [9].

Для стен и гладких потолков значение этого коэффициента составляет  $8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$ ;

$\alpha_{\text{ext}}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности

ограждения,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}$ , принимаемый по СНиП [10]. Для наружных стен он составляет  $23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}$ ;

$\delta_1, \delta_2 \dots \delta_n$  – толщина слоёв ограждения, м;

$\delta_{\text{ут}}$  – толщина утепляющего слоя, м;

$\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_{\text{ут}} \dots \lambda_n$  – коэффициенты теплопроводности материалов слоёв ограждения,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}$ , принимаемые в зависимости от

условий эксплуатации ограждающих конструкций (А и Б). Условия эксплуатации ограждающих конструкций следует принимать по табл. 6 с учётом табл. 7 СНиП [9];

$R_{\text{в.п.}}$  – термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек, определяемое по прил. 7.

Т а б л и ц а 6

Условия эксплуатации ограждающих конструкций  
в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности

Влажностный режим помещений	Условия эксплуатации А и Б в зонах влажности		
	сухой	нормальный	влажный
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

Т а б л и ц а 7

Влажностный режим помещений зданий

Режим	Влажность внутреннего воздуха, %, при температуре		
	до 12 $^\circ\text{С}$	св. 12 до 24 $^\circ\text{С}$	св. 24 $^\circ\text{С}$
Сухой	До 60	До 50	До 40
Нормальный	Св. 60 до 75	Св. 50 до 60	Св. 40 до 50
Влажный	Св. 75	Св. 60 до 75	Св. 50 до 60
Мокрый	-	Св. 75	Св. 60

Приведённое сопротивление теплоотдаче  $R_{\text{рег}}^{\text{пр}}$ ,  $\frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}$ , ограждающих конструкций определяют по табл. 8, в зависимости от градусо-суток района строительства.

Таблица 8

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче  
ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты $a$ и $b$	Градусо-сутки отопительного периода $D_d$ , °C сут	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче $R_{reg}^{np}$ м <sup>2</sup> · °C/Вт, ограждающих конструкций				
		Стен	Покры-тый и перекры-тый над проез-дами	Перекры-тый чердач-ных, над неотапли-ваемыми подполья-ми и подвалами	Окон и балко-нных дверей, витрин и витражей	Фона-рей с верти-каль-ным остек-лением
1	2	3	4	5	6	7
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
	$a$	-	0,00035	0,0005	0,00045	-
$b$	-	1,4	2,2	1,9	-	0,25
2. Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, производственные и другие здания и помещения с влажным или мокрым режимом	2000	1,8	2,4	2,0	0,3	0,3
	4000	2,4	3,2	2,7	0,4	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,5	0,4
	8000	3,6	4,8	4,1	0,6	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,7	0,5
	12000	4,8	6,4	5,5	0,8	0,55
	$a$	-	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005
$b$	-	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,2
	4000	1,8	2,5	1,8	0,3	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,3
	8000	2,6	3,5	2,6	0,4	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,4
	12000	3,4	4,5	3,4	0,5	0,45
	$a$	-	0,0002	0,00025	0,0002	0,000025
$b$	-	1,0	1,5	1,0	0,2	0,15

Примечания:

1. Значения  $R_{reg}^{np}$  для величин  $D_d$ , отличающихся от табличных, следует определять по формуле

$$R_{reg}^{np} = aD_d + b,$$



где  $D_d$  – градусо-сутки отопительного периода, °С сут, для конкретного пункта;

$a, b$  – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы для соответствующих групп зданий за исключением графы 6 для группы зданий в поз.1, где для интервала до 6000 °С сут:  $a=0,000075$ ,  $b=0,15$ ; для интервала 6000-8000 °С сут:  $a=0,00005$ ,  $b=0,3$ ; для интервала до 8000 °С сут и более:  $a=0,000025$ ,  $b=0,5$ .

2. Нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее чем в 1,5 раза выше нормируемого сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих конструкций.

3. Нормируемые значения сопротивления теплопередаче чердачных и цокольных перекрытий, отделяющих помещения зданий от неотапливаемых пространств с температурой  $t_c$  ( $t_{ext} < t_c < t_{int}$ ), следует уменьшать умножением величин, указанных в графе 5, на коэффициент  $n$ , определяемый по примечанию к табл. 4. при этом расчетную температуру воздуха в теплом чердаке, теплом подвале и остекленной лоджии и балконе следует определять на основе расчета теплового баланса.

4. Допускается в отдельных случаях, связанных с конкретными конструктивными решениями заполнения оконных и других проемов, применять конструкции окон, балконных дверей и фонарей с приведенным сопротивлением теплопередаче на 5 % ниже установленного в таблице.

5. Для группы зданий в поз.1 нормируемые значения сопротивления теплопередаче перекрытий над лестничной клеткой и теплым чердаком, а также над проездами, если перекрытия являются полом технического этажа, следует принимать, как и для группы зданий в поз.2.

Градусо-сутки отопительного периода  $D_d$  определяют по формуле

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot Z_{ht}, \quad (3)$$

где  $t_{int}$  – расчётная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая для зданий поз.1 табл. 8 по минимальным значениям оптимальной температуры (см. табл. 5);

$t_{ht}$  и  $Z_{ht}$  – средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут, отопительного периода, принимаемые по СНиП [8] для периодов со средней суточной температурой наружного воздуха не более 10°С – при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых и не более 8°С – в остальных случаях.

Толщина утепляющего слоя, исходя из требований показателя «а», т.е. требований энергосбережения, может быть найдена из условия приравнивания  $R_0^{расч} = R_{reg}^{пр}$  или

$$\frac{1}{\lambda_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_{yt}}{\lambda_{yt}} + R_{в.п.} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = R_{reg}^{пр} \quad (4)$$

Отсюда находим

$$\delta_{yt} = \frac{R_{reg}^{пр} - \frac{1}{\alpha_{int}} - \frac{\delta_1}{\alpha_1} - R_{в.п.} - \dots - \frac{\delta_n}{\alpha_n} - \frac{1}{\alpha_{ext}}}{\alpha_{yt}}, \quad (5)$$

По требованиям показателя тепловой защиты «б», т.е. санитарно-гигиенических требований, толщина утепляющего слоя может быть найдена из условия

$$R_0^{расч} \geq R_{reg}, \quad (6)$$

где  $R_0^{расч}$  – определяется выражением (2);

$R_{reg}$  – нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции (за исключением светопрозрачных) по санитарно-гигиеническим требованиям и определяемое по формуле

$$R_{reg} = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}}, \quad (7)$$

где  $n$  – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху и принимаемый в табл. 9;

$t_{int}$  – расчётная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая для зданий поз.1 табл. 8 по минимальным значениям оптимальной температуры (см. табл. 5);

$t_{ext}$  – расчётная температура наружного воздуха в холодный период года, °С, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по СНиП [8];

$\Delta t_n$  – нормируемый температурный период между температурой внутреннего воздуха  $t_{int}$  и температурой внутренней поверхности  $\tau_{int}$  ограждающей конструкции, принимаемый по табл. 10 или СНиП [9];

$\alpha_{int}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения,  $\frac{Вт}{м^2 \cdot °С}$ , принимаемый по табл. 7 СНиП [9]. Для стен и гладких потолков значение этого коэффициента составляет 8,7  $\frac{Вт}{м^2 \cdot °С}$ .

Т а б л и ц а 9

**Коэффициент, учитывающий зависимость положения  
ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху**

Ограждающие конструкции	Коэффициент <i>n</i>
1. Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), зенитные фонари, перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	1
2. Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов); перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне	0,9
3. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75
4. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли	0,6
5. Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	0,4

**П р и м е ч а н и е .** Для чердачных перекрытий теплых чердаков и цокольных перекрытий над подвалами с температурой воздуха в них  $t_c$  большей  $t_{ext}$ , но меньшей  $t_{int}$  коэффициент следует определять по формуле

$$n = (t_{int} - t_c) / (t_{int} - t_{ext})$$

Т а б л и ц а 10

**Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего  
воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей  
конструкции**

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад $\Delta t_n$ , °С, для			
	наруж- ных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проез- дами, подва- лами и под- польями	зенит- ных фона- рей
1	2	3	4	5
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0	$t_{int} - t_d$
2. Общественные, кроме указанных в поз. 1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5	$t_{int} - t_d$
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	$t_{int} - t_d$ , но не более 7	0,8 ( $t_{int} - t_d$ ), но не более 6	2,5	$t_{int} - t_d$
4. Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимом	$t_{int} - t_d$	0,8 ( $t_{int} - t_d$ )	2,5	-

1	2	3	4	5
5.Производственные здания со значительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м <sup>3</sup> ) и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха более 50 %	12	12	2,5	$t_{int} - t_d$
<p><i>Обозначения:</i>  <math>t_{int}</math> – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая для расчета ограждающих конструкций группы зданий.  <math>t_d</math> – температура точки росы, °С, при расчетной температуре <math>t_{int}</math> и относительной влажности внутреннего воздуха, принимаемым согласно 5.9 и 5.10, СанПиН 2.1.2.1002, ГОСТ 12.1.005 и СанПиН 2.2.4.548, СНиП 41-01 и нормам проектирования соответствующих зданий.</p>				

**Примечание.** Для зданий картофеле- и овощехранилищ нормируемый температурный перепад  $\Delta t_n$  для наружных стен, покрытий и чердачных перекрытий следует принимать по СНиП 2.11.02.

Согласно условию (6) можно принять  $R_0^{расч} = R_{reg}$ , т.е.

$$R_0^{расч} = R_{reg} \quad (8)$$

$$\text{или } \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + R_{г.н.} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}}.$$

Отсюда может быть найдено значение  $\delta_{ут}$ , поскольку все остальные значения известны.

Как правило, толщина утепляющего слоя, определенная по условиям требований «а» теплозащиты зданий, значительно превышает значения толщины, полученное по условиям требований «б». Поэтому в качестве окончательного решения принимают толщину утепляющего слоя, полученную по условиям требований «а».

**Пример.** Требуется определить толщину утепляющего слоя из жёстких минеральных плит для наружной стены жилого дома из глиняного кирпича толщиной 0,51 м. Внутренний отделочный слой выполнен из гипсокартона, наружный – из цементно-песчаного раствора. Место строительства – г. Пенза.

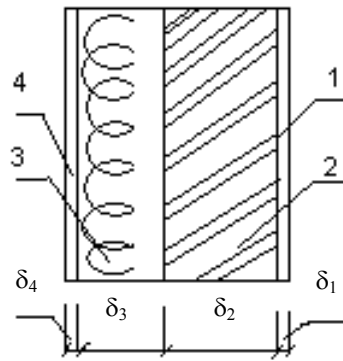


Рис.14. К примеру определения толщины утепляющего слоя наружной стены

### Исходные данные:

1. Гипсокартон  $\delta_1 = 0,02$  м;  $\gamma_0 = 800$  кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda_A = 0,19 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$  (условия эксплуатации А);
2. Кирпичная кладка;  $\delta_1 = 0,51$  м;  $\gamma_0 = 1800$  кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda_A = 0,70 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ ;
3. Жёсткие минеральные плиты  $\delta_{\text{ут}} = ?$  м;  $\gamma_0 = 50$  кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda_A = 0,052 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ ;
4. Цементно-песчаная штукатурка  $\delta_4 = 0,02$  м;  $\gamma_0 = 1800$  кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda_A = 0,76 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

### Климатические данные (г.Пенза)

1. Температура воздуха внутри помещения  $t_{\text{int}} = 20^\circ\text{C}$  (жилая комната);
2. Расчётная температура наружного воздуха  $t_{\text{ext}} = -29^\circ\text{C}$  – температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92;
3. Средняя температура воздуха со среднесуточной температурой воздуха не более  $8^\circ\text{C}$   $t_{\text{ит}} = -4,5^\circ\text{C}$ ;
4. Продолжительность отопительного периода со средней суточной температурой воздуха не более  $8^\circ\text{C}$   $Z_{\text{ит}} = 207$  суток;
5. Коэффициенты теплоотдачи  $\alpha_{\text{int}} = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ ;  $\alpha_{\text{ext}} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

### Порядок расчёта.

1. Определяем толщину утепляющего слоя исходя из требований энергосбережения (показатель «а» теплозащиты зданий) при условии  $R_0^{\text{расч}} = R_{\text{рег}}^{\text{пр}}$ .

Согласно формуле (2)  $R_0^{\text{расч}}$  составит

$$R_0^{\text{расч}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,19} + \frac{0,51}{0,70} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{0,052} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{1}{23} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Значение  $R_{reg}^{np}$  находим по табл. 8, предварительно определив градусо-сутки отопительного периода по формуле (3):

$$D_d = (20+4,5) \cdot 207 = 5071,5, \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$$

Для значения  $D_d = 5071,5$  по табл. 8 с учётом её примечания 1 приведённое значение конструкции стены составит

$$R_{reg} = 0,0075 \cdot D_d + 1,4 = 3,8 + 1,4 = 5,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Приравнивая значения  $R_0^{расч}$  и  $R_{reg}^{np}$ , т.е.

$$\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,19} + \frac{0,51}{0,70} + \frac{\delta_{ут}}{0,052} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{1}{23} = 3,6,$$

находим  $\delta_{ут}$  по условиям энергосбережения

$$\delta_{ут} = \left( 5,2 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,02}{0,19} - \frac{0,51}{0,70} - \frac{0,02}{0,76} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,052 = 0,216 \text{ м.}$$

Округляем полученное до значения  $\delta_{ут} = 0,22 \text{ м} = 220 \text{ мм}$ .

2. Находим толщину утепляющего слоя, исходя из санитарно-гигиенических требований (показатель «б» теплозащиты зданий), при условии  $R_0^{расч} = R_{reg}^{np}$ .

Согласно формуле (7) значение  $R_{reg}$  составляет

$$R_{reg} = \frac{1(20+29)}{4 \cdot 8,7} = 1,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Приравнивая значение  $R_0^{расч}$  и  $R_{reg}$ , т.е.

$$\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,19} + \frac{0,51}{0,70} + \frac{\delta_{ут}}{0,052} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{1}{23} = 1,4,$$

находим  $\delta_{ут}$  по санитарно-гигиеническим требованиям:

$$\delta_{ут} = \left( 1,4 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,02}{0,19} - \frac{0,51}{0,70} - \frac{0,02}{0,76} - \frac{1}{23} \right) \cdot 0,052 = 0,050 \text{ м} = 50 \text{ мм.}$$

В окончательном варианте принимаем толщину утепляющего слоя по условиям «а» теплозащиты зданий, т.е.  $\delta_{ут} = 0,22 \text{ м} = 220 \text{ мм}$ .

Принятое конструктивное решение ограждения должно исключить возможность образования конденсата влаги на её внутренней поверхности и не допускать превышения нормируемого температурного перепада между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающей конструкции (см. табл. 10).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Архитектурная физика [Текст] / под ред. Н.В.Оболенского – М.: Стройиздат, 2003-2003. – С. 286-430.
2. Михеев А. П. Проектирование зданий и застройки населенных мест с учетом климата и энергосбережения [Текст] / А.П.Михеев, А.М.Береговой, Л.Н.Петрянина. – М: АСВ, 2002.
3. Холщевников В.В. Климат местности и микроклимат помещений [Текст]/ В.В. Холщевников, А.В. Луков – М.: АСВ, 2001.
4. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата помещений. [Текст], М.: Стандартинформ, 2013.
5. ГОСТ 11214-2003. Блоки оконные деревянные с листовым остеклением. [Текст], М.: Госстрой России, ФГУП ЦТП, 2014.
6. ГОСТ 30674-99. Блоки оконные из поливинилхлоридных профилей. Технические условия. [Текст], ГУП ЦТП, 2000.
7. СанПиН 2.2.1/2.1.11278-03. Санитарные правила и нормы. (Гигиенические требования к естественному, искусственному освещению жилых и общественных зданий). [Текст], М.: МИЭЭ, 2003.
8. СП 131.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* Строительная климатология. [Текст], М.: Минрегион России, 2010.
9. СП 50.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. [Текст], М.: Минрегион России, 2012
10. СП 42.13330.2011 Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [Текст], ММинрегион России, 2012.
11. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика [Текст], М.: Стройиздат, 1983.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. СОСТАВЛЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО ПАСПОРТА МЕСТНОСТИ .....	5
2. ИНСОЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ И ЗАСТРОЙКИ .....	17
3. МИКРОКЛИМАТ В ПОМЕЩЕНИЯХ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ.....	27
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	39

Учебное издание

Петрянина Любовь Николаевна  
Матиева Юлия Александровна

### АРХИТЕКТУРНАЯ ФИЗИКА

Методические указания по курсовому проектированию  
для направления подготовки 07.03.01 «Архитектура»

Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова

В авторской редакции  
Верстка Т.Ю. Симутина

---

Подписано в печать 16.11.15. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл.печ.л. 2,32. Уч.-изд.л. 2,5. Тираж 80 экз.  
Заказ № 398.

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28.