

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 19.09.2024 09:40:03

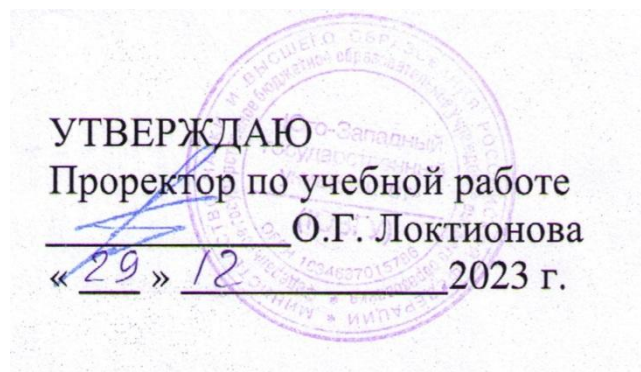
Уникальный программный ключ:

9ba7d3e34c012eba476ff2d064cf2781933be730df2374d16f3d0ce358dfc6

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра уникальных зданий и сооружений



## СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Методические указания по выполнению лабораторных работ по  
дисциплине «Строительная физика» для студентов направления  
подготовки 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Курск 2023

УДК 624.04

Составитель: Ю.И. Гладышкина

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент Колесников А.Г.

**Строительная физика:** методические указания по выполнению лабораторных работ / Юго-Зап. гос. ун-т ; сост.: Ю.И. Гладышкина. - Курск, 2023. - 17 с. - Библиогр.: с. 15.

Методические указания содержат лабораторные работы, направленные на освоение студентами анализа температурного режима ограждающих конструкций зданий и сооружений, а так же рациональным проектированием конструкций в соответствии с требованиями светового климата.

Предназначены студентам, обучающимся по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», изучающим дисциплину «Строительная физика».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.12.2017 . Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 0,99 . Уч.-изд.л. 0,89 . Тираж 100 экз. Заказ.

Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50лет Октября, 94.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Лабораторная работа №1. Исследование распределения температуры в толще наружной ограждающей конструкции.....	5
Лабораторная работа №2. Исследование температурного поля помещения .....	8
Лабораторная работа №3. Определение коэффициента светопропускания различных поверхностей стен в натуральных условиях .....	10
Лабораторная работа №4. Определение коэффициента естественной освещенности боковым светом в натуральных условиях .....	12
Список используемых источников и литературы .....	21
Приложение А .....	22
Приложение Б.....	23

## **Введение**

При изучении дисциплины «Строительная физика» большое внимание уделяется вопросам, связанным с созданием оптимальной среды помещений и с проектированием ограждающих конструкций и объемно-планировочного решения зданий, обеспечивающих необходимые параметры и качество этой среды.

Среди факторов, определяющих качество среды помещений, существенное значение имеют состояние воздушной среды, акустический режим и световая обстановка в помещении.

Умение грамотно проводить анализ параметров температурно-влажностного, светового и акустического качества зданий и сооружений, а так же применять методы по устранению недостатков, выявленных в ходе проведенных исследований, является неотъемлемой частью подготовки высококвалифицированных специалистов.

Лабораторный практикум позволяет студентам в рамках курса приобрести умение работы с данными, полученными в ходе анализа параметров зданий, а так же получить навыки работы с приборами (тепловизор, термогигрометр, люксметр, шумомер).

## Лабораторная работа №1

### Исследование распределения температуры в толще наружной ограждающей конструкции

**Цель работы:** анализ основных теплотехнических качеств ограждающей конструкции.

**Приборы и оборудование:** Инфракрасный электронный термометр RAУМТ4U, Термогигрометр ТГЦ-1У, фрагмент наружной ограждающей конструкции.

#### Теоретические сведения

Основной характеристикой теплозащитных качеств ограждений является сопротивление теплопередаче  $R$ . При проектировании необходимо обеспечить условия, при которых фактическое (приведенное) сопротивление теплопередаче  $R_{пр}$  будет не менее требуемого сопротивления  $R_{тр}$ , т.е.  $R_{пр} > R_{тр}$ .

При экспериментальных исследованиях для оценки теплозащитных качеств необходимо знать распределение температур на поверхности и в толще конструкции. Для одномерных полей при постоянном тепловом потоке из равенства следует, что падение температуры прямо пропорционально изменению термического сопротивления в ограждении:

$$\frac{t_{в} - t_{н}}{R_{пр}} = \frac{t_{в} - t_{х}}{R_{х}}, \quad (1.1)$$

где,  $t_{в}$  - температура воздуха внутри помещения, °С;

$t_{н}$  - температура наружного воздуха, °С;

$t_{х}$  - температура в рассматриваемом сечении ограждающей конструкции, °С;

$R_{пр}$  - приведенное термическое сопротивление ограждающей конструкции,  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ ;

$R_{х}$  - термическое сопротивление ограждающей конструкции в рассматриваемом сечении,  $m \cdot ^\circ C / Вт$ .

Приведенное сопротивление конструкции определяется по формуле:

$$\tilde{R}_{пр} = \frac{1}{\alpha_{в}} + R_{к} + \frac{1}{\alpha_{н}},$$

где,  $R_{к}$  - термическое сопротивление конструкции, складывающееся из суммы термических сопротивлений отдельных слоев,  $m \cdot ^\circ C / Вт$ ;

$a_{в}$  - коэффициент тепловосприятости внутренней поверхности принимаемый по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», Вт/ (м<sup>2</sup> °С);

$a_{в}$  - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности принимаемый по СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», Вт/ (м<sup>2</sup> °С);

Термическое сопротивление конструкции определяется по формуле:

$$R_k = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i},$$

где,  $\delta_i$ - толщина  $i$ -го слоя, м;

$\lambda_i$  - коэффициент теплопроводности  $i$ -го слоя Вт/(м • °С). Формула (1.1) представляет собой аналитический способ определения температуры в сечении.

Так же можно использовать простой графический способ для установления взаимосвязи между термическими сопротивлениями температурами в ограждении (рисунок 1.1).

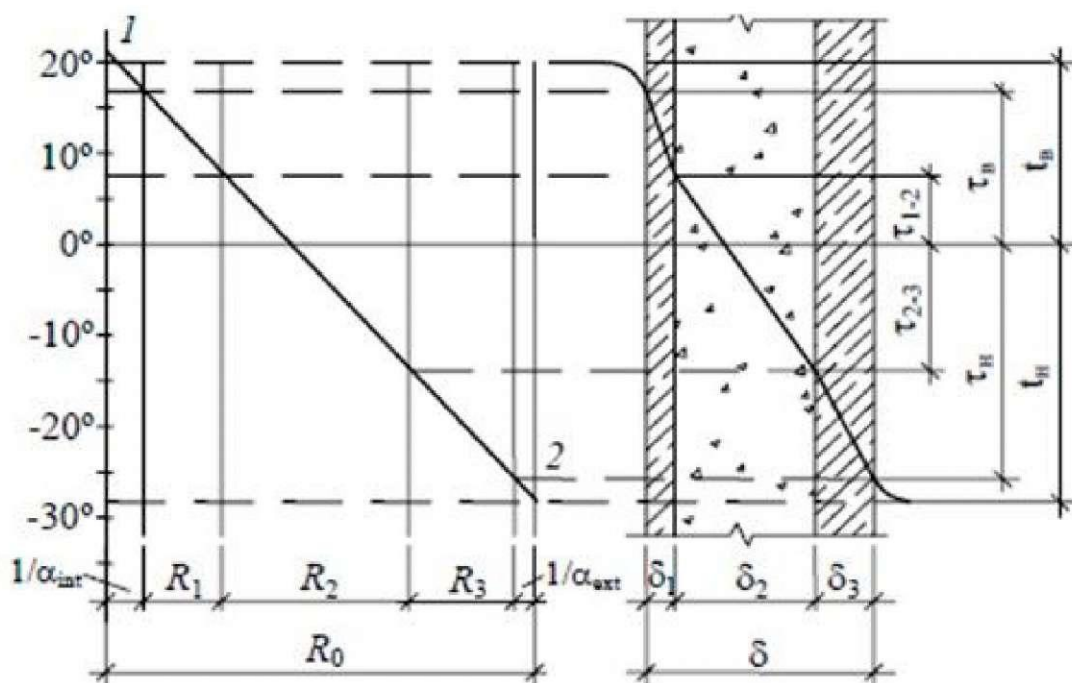


Рисунок 1.1 - Графический метод определения температуры в ограждающей конструкции

Суть способа заключается в следующем.

На горизонтальной оси откладываются последовательно в некотором масштабе все термические сопротивления, начиная с  $1/a_b$  и заканчивая  $1/O_n$ . Сумма всех отрезков дает общую величину сопротивления теплопередаче ограждения. По вертикальной оси откладывают значения температуры. Через полученные точки проводят вертикальные линии и на крайних из них отмечают в масштабе отрезки, соответствующие температурам  $t_b$  и  $t_N$ . Полученные точки 1 и 2 соединяют прямой наклонной линией.

Затем рядом с разрезом фрагмента стены в масштабе сопротивлений теплопередаче строят изображение этого разреза в масштабе длин, сносят точки пересечения прямой с границами слоев  $R_{на}$  изображение фрагмента конструкции в масштабе длин и получают распределение температур по ее толщине.

### **Порядок выполнения работы**

1. С помощью тепловизора (термогигрометра) измерить температуры внутренней и наружной поверхностей ограждающей конструкции  $t_b$  и  $t_N$  соответственно (температуру воздуха внутри и снаружи помещения, соответственно  $t_b$  и  $t_N$ ).

2. Определить термические сопротивления  $R_{слоев}$  конструкции используя формулу (1.2).

3. Построить график распределения температуры в толще ограждающей конструкции используя рассчитанные значения термического сопротивления и измеренные температуры.

4. Сделать выводы о теплозащитных качествах ограждающей конструкции, предложить меры по повышению теплозащиты.

## Лабораторная работа №2

### Исследование температурного поля помещения

**Цель работы:** измерить температуру в различных точках помещения и по полученным данным рассчитать характеристики температурного режима воздушной среды помещения; построить графики распределения температуры в помещении.

**Приборы и оборудование:** Термогигрометр ТГЦ-1У, лазерный дальномер, схема с номером ряда и номером горизонта измерений, план и разрезы помещения.

#### Теоретические сведения

Одна из основных характеристик микроклимата помещения - температура воздуха. Ее распределение в помещении зависит от многих факторов: от отопительно-вентиляционных систем, теплозащитных качеств ограждений, воздухопроницаемости окон и стен, расположения помещений по высоте в многоэтажных зданиях, режима работы различных механизмов в помещении и т.п.

По ГОСТ 30494-2011 перепад температуры воздуха ( $\Delta t$ ) не более 2 °С для оптимальных показателей и 3 °С - для допустимых; перепад результирующей температуры помещения по высоте обслуживаемой зоны - не более 2 °С.

Многообразие и изменчивость факторов затрудняет установление аналитической зависимости температуры воздуха в отдельных точках помещения от внешних причин. В связи с этим важное значение имеют данные натурных исследований, с помощью которых можно объективно оценить характер различных факторов, воздействующих на распределение температуры в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Для измерения температуры воздуха в строительной теплотехнике применяют различные виды термометров и термогигрометров.

#### Порядок выполнения работы:

1. Измерить габариты помещения. Заготовить схемы плана и разрезов помещения в М 1:100.

. Произвести измерения во всех указанных точках (первый горизонт - 1 м над уровнем чистого пола, второй горизонт - 1,5 м и третий горизонт - 2,0 м).



Результаты измерений записать непосредственно на схемах разрезов и в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Результаты измерения температуры в помещении

Помещение	№ ряда	№ горизонта	Температура		
			расчетных точек, °C		
			1	2	3
		1			
		2			
		3			

3. Построить графики температурного поля на соответствующих разрезах и в плане, и приложить к отчету (рисунок 2.1).

4. Посчитать температурный перепад в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Сравнить с допустимыми значениями, приведенными в ГОСТ 30494-2011. Сделать выводы.

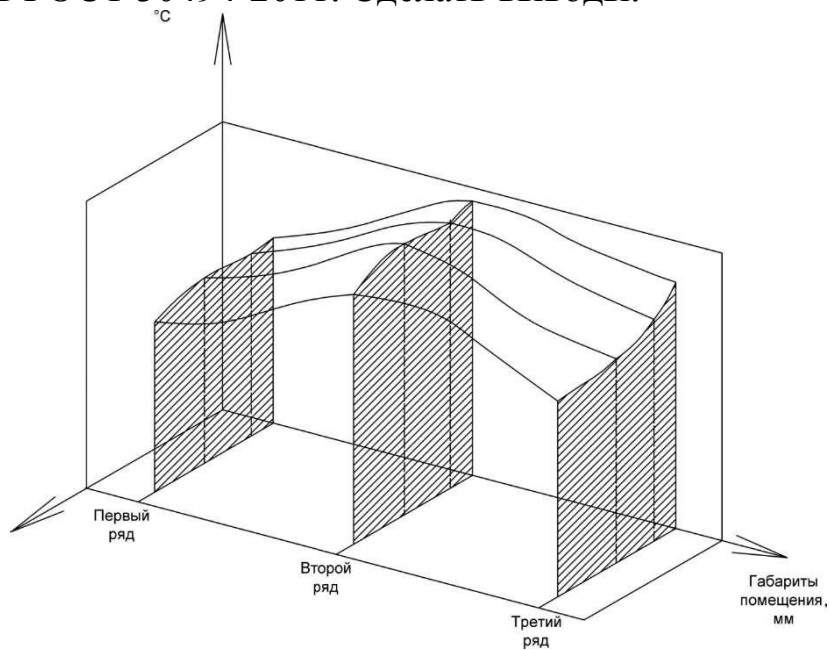


Рисунок 2.1 - Пример трехмерной модели температурного поля

## Лабораторная работа №3

### Определение коэффициента светотражения различных поверхностей в натуральных условиях

**Цель работы:** измерить коэффициенты светотражения различных по фактуре и цвету поверхностей стен в натуральных условиях и сравнить полученные результаты с нормативными.

**Приборы и оборудование:** люксметр Testo545, рулетка.

#### Теоретические сведения

Светотражение поверхности оказывает большое влияние на освещенность помещения. Правильное использование светотражения поверхности дает возможность в целом повысить освещенность в помещении без увеличения светопроемов.

При проектировании жилых, общественных и промышленных зданий используют светотражение стен и потолков в соответствии с назначением помещений и особенностями технологических процессов.

Для этого подбираются соответствующие по цвету и фактуре отделочные материалы, а так же виды окраски или отделки. Характеристикой светотражающих свойств поверхностей является коэффициент отражения, который можно найти по формуле:

$$\rho = P_{\text{отраженный}} / P_{\text{падающий}} \quad (3.1)$$

где,  $P_{\text{отраженный}}$  - величина отраженного светового потока, лк;

$P_{\text{падающий}}$  - величина падающего светового потока, лк.

При определении коэффициента светопропускания в натуральных условиях отношение величин отраженного и падающего светового потока приближенно заменяют отношением освещенностей  $E_{\text{отражен.}}$  и  $E_{\text{падающ.}}$ ; причем  $E_{\text{падающ.}}$  замеряют на самой поверхности, а  $E_{\text{отражен.}}$  - на расстоянии 25 сантиметров от поверхности стены, в параллельной ей плоскости.

#### Порядок выполнения работы

1. Выбрать для исследовательской работы в помещении различные по фактуре, обработке и цвету поверхности стен, размером не менее 2х2 метра.

2. На каждом участке поочередно измерить величины падающего и отраженного потоков света. Для этого фотоэлемент прикладывают сначала тыльной стороной к середине исследуемого участка, а затем поворачивают фотоэлемент к стене так, чтобы он оказался от нее на

расстоянии примерно 25 см. Располагать фотоэлемент надо таким образом, чтобы все места измерения находились в одном створе. Расположение фотометрической головки прибора должно быть параллельно плоскости измеряемого объекта. Необходимо обратить внимание на то, чтобы тень от оператора, производящего измерения не падала на окно фотоприемника.

3. Результаты замеров величин прямого и отраженного светового потока повторяют трижды и фиксируют в таблице 3.1.

В таблице, в графе «примечания», отмечают цвет и фактуру исследуемой поверхности, состояние окраски, а так же освещенность поверхности.

Таблица 3.1 - Результаты измерения коэффициента светотражения

	Вид поверхности	№ замера	Показания люксметра, лк, при положении фотоэлемента		Коэффициент светотражения поверхности $\rho$	Примечание
			На поверхности $E_{\text{отражен.}}$	Против поверхности на расстоянии 25 см, $E_{\text{падающ.}}$		
Помещение	Стена	1				
		2				
		3				
		Среднее				
	Доска	1				
		2				
		3				
		Среднее				

4. Результаты измерений светотражения необходимо сопоставить с нормативными данными. Нормативные коэффициенты светотражения приведены в приложении А.

5. В отчете привести план помещения и обозначить участки стен, для которых производились замеры светотражения поверхности. Также на плане необходимо написать, как обработаны поверхности стен и их коэффициент светотражения.

## Лабораторная работа №4

### Определение коэффициента естественной освещенности боковым светом в натуральных условиях

**Цель работы:** Определить и сравнить полученные в результате измерений и расчетов КЕО с нормированными значениями и сделать вывод.

**Приборы и оборудование:** лазерный дальномер, план и поперечный разрез помещения, графики Данилюка Iи II.

#### Теоретические сведения

Расчет естественной освещенности (КЕО) - один из основных видов светотехнических расчетов, применяемых в проектировании при выборе и обосновании архитектурных решений.

Коэффициент естественной освещенности  $e_m$  в какой-либо точке М помещения представляет отношение освещенности в этой точке  $E_m$  к одновременной наружной освещенности горизонтальной площадки на открытом месте, освещенной диффузным светом всего небосвода,  $E_n$ .

Значение КЕО рассчитывается по формуле:

$$e_N = e_n * m_N$$

где,  $e_n$  - нормированное значение КЕО;

$m_N$ - коэффициент светового климат;

N - номер группы административного района по ресурсам светового климата.

Данные принимают по СП 23-02-2003 «Естественное освещение жилых и общественных зданий» и СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»

#### Порядок выполнения работы

1. Выполнить обмеры помещения с помощью лазерного дальномера.
2. Выполнить план и поперечный разрез помещения схематично, в масштабе 1:400, на прозрачной основе (кальке). Нанести оконные проемы и условную рабочую поверхность (поверхность, на которой выполняется максимальное число трудовых операций; для аудитории это 0,8 м). Полученные план и разрез должны быть выполнены с размерами.
3. Нанести расчетные точки (минимум пять). Выставить их номера на плане и разрезе. Обозначить и подписать плоскость оконных проемов на плане.

4. Рассчитать нормируемое значение КЕО по формуле (4.1).

5. Выполнить расчет коэффициента естественной освещенности для выбранных расчетных точек.

Результаты расчета представить в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Ведомость расчетных характеристик

Номер расчетной точки	$n_1$	$n_2$	$\epsilon_p^6$	$q$	$P_a$	$\tau_0$	$r$	$k_3$	$e_p^6$
1									
2									
3									
4									
5									

$n_1$ - число лучей по графику Данилюка I, проходящих от неба через световые проемы в расчетную точку на поперечном разрезе помещения;

$n_2$ - число лучей по графику Данилюка II, проходящих от неба через световые проемы в расчетную точку на плане помещения;

$\epsilon_p^6$  - геометрический коэффициент естественной освещенности, учитывающий прямой свет неба в какой - либо точке помещения при боковом освещении. Он может быть рассчитан по следующей формуле:

$$\epsilon_p^6 = 0.01 \cdot n_1 \cdot n_2, \quad (4.2)$$

$q$ - коэффициент учитывающий неравномерную яркость неба для обычных условий. Значения коэффициента  $q$  приведены в СП 2302-2003 «Естественное освещение жилых и общественных зданий»;

$P_a$  - коэффициент ориентации световых проемов, учитывающий ресурсы естественного света по кругу горизонта, определяемый приложению Б;

$\tau_0$  - общий коэффициент пропускания света светопроемами, который находят по формуле:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4, \quad (4.3)$$

где,  $\tau_1$  - коэффициент светопропускания материала;

$\tau_2$ - коэффициент учитывающий потери света в переплетах све-топроема;

$\tau_3$ -коэффициент учитывающий потери света в несущих конструкций покрытия (при боковом освещении равен 1);

$\tau_4$  - коэффициент учитывающий потери света солнцезащитных устройствах.

Коэффициенты  $\tau$  принимаются по СП 23-02-2003 «Естественное освещение жилых и общественных зданий».

$r$  - коэффициент, учитывающий повышение КЕО благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию, определяемый по СП 23-02-2003 «Естественное освещение жилых и общественных зданий».

$k_3$  - коэффициент запаса (выбирают из СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»);

$e_p^{\sigma}$  - КЕО расчетный боковой следует найти по формуле:

$$e_p^{\sigma} = \varepsilon_p^{\sigma} \cdot q \cdot \beta_{\alpha} \cdot \Gamma_0 \cdot \frac{\tau_0}{k_3} \quad (4.4)$$

6. Сравнить полученные в результате расчетов данные и сделать вывод.

## Список используемых источников и литературы

1. Андрианов, К.А. Строительная физика: методические указания [Текст] / К.А. Андрианов, И.В. Матвеева, А.М. Макаров. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. - 64 с.
2. СНиП 23-03-2003 Защита от шума [Текст] / Госстрой России. - М.: ГУП ЦПП, 2004. - 30 с.
3. Соловьев, А.К. Физика среды. Учебник [Текст] / А.К. Соловьев. - М.: Издательство АСВ, 2008. - 344 с.
4. СП 23-102-2003 Естественное освещение жилых и общественных зданий [Текст] / Госстрой России. - М.: ФГУП ЦПП, 2005. - 87 с.
5. СП 50.13330.2012 Проектирование тепловой защиты зданий [Текст] / Минрегион России. - М.: ФАУ «ФЦС», 2012. - 96 с.
6. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение [Текст] / Минрегион России. - М.: ОАО «ЦПП», 2011. - 70 с.
7. Тарасенко, В.Н. Физико-технические основы проектирования: методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Строительная физика» [Текст] / В.Н. Тарасенко, И.А. Дегтев, Т.В. Ани-канова. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2007. - 51 с.
8. Стецкий, С.В. Строительная физика [Электронный ресурс] : краткий курс лекций для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению 270800«Строительство» / М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. гос. строит.ун-т, каф. архитектуры гражданских и промышленных зданий; сост. С.В. Стецкий, К.О. Ларионова. — Москва : МГСУ, 2014. – 57 с. Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/epd-reader?publicationId=27466>
9. Черныш, Н.Д. Строительная физика: учебное пособие / Н.Д. Черныш, В.Н. Тарасенко. — Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. — 238 с.
10. Викторова О.Л. Строительная физика: курс лекций: учеб.пособие по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» / О.Л. Викторова. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 88 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Нормативные коэффициенты светоотражения

Таблица А.1 - Значения коэффициента отражения некоторых строительных материалов  $\rho$

Материал	Коэффициент отражения материала $\rho$
Белая фасадная краска, белый мрамор	0,70
Светло-серый бетон, белый силикатный кирпич, очень светлые фасадные краски	0,60
Серый бетон, известняк, желтый песчаник, светло-зеленая, бежевая, светлосерая фасадная краска, светлые породы мрамора	0,50
Серый офактуренный бетон, серая фасадная краска, светлое дерево, серый силикатный кирпич	0,40
Розовый силикатный кирпич, темно-голубая, темно-бежевая, светло-коричневая фасадная краска, потемневшее дерево	0,30
Темно-серый мрамор, гранит, темно-коричневая, синяя, темно-зеленая, красная фасадная краска	0,20



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Значения коэффициента $p_a$

Таблица Б.1 - Значения коэффициента  $p_a$  в зависимости от ориентации светового проема и плотности

Отношение высоты здания к расстоянию между ними	Ориентация окон по сторонам горизонта				
	Ю	ЮВ, ЮЗ	В, З	СВ, СЗ	С
0	1.34	1.32	1.24	1.09	1
0.176	1.33	1.31	1.23	1.08	1
0.364	1.32	1.28	1.18	1.06	1
0.577	1.28	1.24	1.11	1.01	1
0.833	1.23	1.16	1.05	1	1
1.192	1.16	1.08	1.02	1	1
1.732	1.08	1.03	1	1	1
2.747	1.02	1	1	1	1