

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Т. Н. ЯШКОВА А. В. ЛУКИНА

СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Учебное пособие



Владимир 2023

УДК 53:69.0
ББК 38.113
Я96

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор
профессор кафедры инженерных конструкций, архитектуры и графики
Северного (Арктического) федерального университета
имени М. В. Ломоносова
Б. В. Лабудин

Кандидат технических наук, доцент
доцент кафедры автомобильных дорог
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
Н. А. Малова

Издается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Яшкова, Т. Н. Строительная физика : учеб. пособие /
Я96 Т. Н. Яшкова, А. В. Лукина ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г.
Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2023. – 84 с.
ISBN 978-5-9984-1538-8

Изложены основные вопросы строительной теплофизики и строительной светотехники, рассмотрены вопросы теплопередачи, воздухопроницаемости и влажностного состояния конструкций, а также нормативного обеспечения естественного, искусственного освещения и продолжительности инсоляции. Приведены примеры теплотехнических и светотехнических расчетов.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 08.03.01 «Строительство» и 07.03.01 «Архитектура».

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Табл. 17. Ил. 11. Библиогр.: 16 назв.

УДК 53:69.0
ББК 38.113

ISBN 978-5-9984-1538-8

© ВлГУ, 2023

ВВЕДЕНИЕ

Строительная физика – прикладная область физики, рассматривающая физические явления и процессы в конструкциях зданий, связанные с переносом тепла, звука и света, а также явления и процессы в помещениях зданий, связанные с распространением звука и света. Данные строительной физики служат основой для рационального проектирования строительных объектов и позволяют обеспечить соблюдение требуемых технических условий в течение заданного срока службы. Кроме того, разрабатываемые в строительной физике методы расчета и испытаний позволяют дать оценку качеству строительства как на стадии проектирования, так и после возведения зданий и сооружений. Внутренний микроклимат при этих исследованиях задается гигиеническими или технологическими требованиями.

Основные задачи строительной физики – обоснование применения в строительстве определенных материалов и конструкций; выбор размеров и формы помещений, которые обеспечили бы оптимальные температурно-влажностные, акустические и светотехнические условия в помещениях соответственно их функциональному назначению.

Для решения поставленных задач используют:

- 1) теоретические расчеты на основе установленных общих физических закономерностей;
- 2) различные модели, на которых исследуемые процессы воспроизводятся или с измененными масштабами, или на базе установленных аналогий;
- 3) лабораторные испытания элементов конструкций в разнообразных климатических камерах (по возможности с соблюдением реальных условий их эксплуатации);
- 4) натурные наблюдения и измерения в сооруженных объектах.

Глава 1. СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА

Тема 1. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОГРАЖДЕНИЙ

Строительная теплотехника занимается изучением теплопередачи и воздухопроницания через ограждающие конструкции зданий, а также влажностного режима ограждающих конструкций.

Для обеспечения нормального температурно-влажностного режима в помещениях различного назначения их внутренний объем отделяют от окружающей среды ограждающими строительными конструкциями, защищающими от атмосферных воздействий (низких температур, осадков, ветра, солнечной радиации, а также агрессивных сред). Наружные ограждающие конструкции оказывают сопротивление переходу тепловой энергии, водяных паров, воздуха из одной среды в другую, препятствуя выравниванию их параметров: температуры, влажности, давления.

Физическая модель теплозащиты здания включает в себя представления о процессах передачи тепла через пространственную оболочку здания, отделяющую проектируемую внутреннюю среду от наружной среды, определяемой климатическими характеристиками места строительства. Существенными являются данные о параметрах оболочки, или ограждающих конструкций (стен, покрытий, чердачных или цокольных перекрытий), которые дополняются значениями параметров внутренних помещений здания.

Тепловое состояние ограждающих конструкций определяется изменяющимися во времени внешними температурными воздействиями и требованиями стабильности параметров внутренней среды и является основным объектом расчетов и моделирования в задачах проектирования тепловой защиты зданий. Теплофизические расчеты для условий холодного времени года с учетом наиболее низких температур наружного воздуха принято называть *расчетами теплозащиты зданий*. Теплофизические расчеты для условий южных регионов страны в теплое время года с учетом периодического нагрева и охлаждения конструкции при ежедневном облучении здания солнцем принято называть *расчетами на теплоустойчивость*.

1.1. Перенос тепла, влаги и воздуха

Процессы переноса тепла, влаги и воздуха, происходящие в конструкциях и помещениях зданий, – это обмен с внешней средой энергией и массой. Тепло (один из видов энергии), влага и воздух – виды вещества. Естественное течение физических процессов всегда связано с переносом тепла или вещества от участков с более высокими потенциалами переноса к участкам с более низкими потенциалами переноса.

Термодинамические параметры, вызывающие перенос, т. е. определяющие направление и интенсивность процессов теплообмена и массообмена, называют *потенциалами переноса*. Потенциал переноса тепла – температура. Это значит, что возникновение процесса переноса тепловой энергии в конструкциях или в воздушной среде помещений возможно только при разных температурах в отдельных зонах рассматриваемой среды, и количество переносимой тепловой энергии всегда пропорционально разности температур.

Потенциалом переноса вещества является соответствующий вид давления. При рассмотрении процессов переноса в парообразной фазе рассматривают парциальное давление водяного пара, при переносе влажного воздуха или жидкой влаги – общее давление, вызываемое соответствующими причинами (ветром, силой тяжести и т. п.). Возникновение процессов переноса вещества возможно при разных давлениях в отдельных зонах среды.

Одновременное распределение температур в рассматриваемой среде называют *температурным полем*, его подразделяют на одномерное, двумерное и трехмерное.

Пример одномерного температурного поля при стационарных условиях теплопередачи – однородная плоская бесконечно длинная стена с постоянной разностью температур на поверхностях. В ней изолинии параллельны друг другу и поверхностям стены (направление теплового потока Q – от зоны с большей температурой t_{\max} к зоне с меньшей температурой t_{\min}). В более сложном случае (например, угол здания, теплопроводные включения) изотермы не параллельны поверхностям ограждающих конструкций, а криволинейны и выражаются двумерным температурным полем при стационарных условиях теплопередачи.

1.2. Распространение тепла в ограждающих конструкциях

Распространение тепла от зоны с высокой температурой к зоне с более низкой температурой происходит в результате теплопроводности, конвекции и излучения.

Теплопроводность – это способность материала в той или иной степени проводить тепло через свою массу. Передача тепла теплопроводностью может происходить в твердой, жидкой и газообразной средах.

Конвекция представляет собой перенос тепла движущимися частицами жидкости или газа, который может происходить лишь в жидкой и газообразной средах.

Излучение может происходить в газообразной среде или в пустоте. Тепловое излучение представляет собой перенос энергии в виде электромагнитных волн между двумя взаимно излучающими поверхностями.

Вследствие того что строительные материалы являются в своей основе твердыми телами, передача тепла через ограждающие конструкции зданий осуществляется главным образом теплопроводностью. Аналитическая теория теплопроводности игнорирует молекулярное строение вещества и рассматривает его как сплошную массу. Таким образом, при том что подавляющее большинство строительных материалов представляют собой пористые тела, в порах которых возможны все виды теплопередачи, при теплотехнических расчетах считается, что распространение тепла в материалах происходит лишь по законам теплопроводности.

Тема 2. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ОГРАЖДЕНИЙ

2.1. Расчет сопротивления теплопередаче

Ограждающие конструкции зданий должны иметь определенное значение сопротивления теплопередаче, от которого зависят затраты на эксплуатацию зданий и санитарно-гигиенические условия помещений.

Наружные ограждающие конструкции, за исключением заполнения проемов (окон, фонарей, витрин, дверей, ворот) и ограждающих конструкций помещений, в которых имеются избытки теплоты, должны иметь экономически целесообразное (но не менее требуемого) сопротивление теплопередаче R_r , ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт.

Основной параметр гигиенического характера – разность температур между температурой воздуха в помещении и температурой внутренней поверхности ограждения Δt_n . Сопротивление теплопередаче увеличивается при уменьшении этой разности (табл. 1).

Таблица 1

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

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад Δt_n , °С, для			
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями	зенитных фонарей
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0	$t_b - t_p$
2. Общественные, кроме указанных в поз. 1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5	$t_b - t_p$
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	$t_b - t_p$, но не более 7	$0,8(t_b - t_p)$, но не более 6	2,5	$t_b - t_p$
4. Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимом	$t_b - t_p$	$0,8(t_b - t_p)$	2,5	Не нормируется
5. Производственные здания со значительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м) и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха не более 50 %	12,0	12,0	2,5	$t_b - t_p$

Примечания: t_b – расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С; t_p – температура точки росы, °С, при расчетной температуре и относительной влажности внутреннего воздуха, принимаемым согласно СанПиН 2.1.2.2645, ГОСТ 12.1.005, СанПиН 2.2.4.548, СП 60.13330 и нормам проектирования соответствующих зданий.

Для зданий картофеле- и овощехранилищ нормируемый температурный перепад для наружных стен, покрытий и чердачных перекрытий следует принимать по СП 109.13330.

В отапливаемых помещениях с повышенной влажностью воздуха температура на поверхности ограждений и конструкций не должна превышать температуры точки росы, т. е. температуры t_p , при которой содержащийся в воздухе водяной пар имеет относительную влажность 100 %.

Приведенное сопротивление теплопередаче наружной неоднородной ограждающей конструкции здания R_o^r , ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт, представляет собой основную теплозащитную характеристику наружного ограждения, в основу расчета которой положена усредненная по площади плотность теплового потока q , Вт/м², проходящего через ограждение в расчетных условиях эксплуатации

$$R_o^r = (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})/q,$$

где t_{int} – температура внутреннего воздуха здания, принимаемая по минимальным значениям оптимальной температуры для жилого помещения, °С; t_{ext} – средняя температура воздуха наиболее холодной пятидневки,; q – плотность теплового потока, Вт/м².

Численные значения теплового потока, проходящего через неоднородное ограждение, определяют на основе расчета одно-, дву- и трехмерных температурных полей. Участки многослойного ограждения, имеющие однородные теплоизоляционные, конструкционные и прочие слои, расположенные перпендикулярно к направлению теплового потока, возникающего при эксплуатации здания, и удаленные от всякого рода теплотехнических неоднородностей и теплопроводных включений, обеспечивают равномерную по площади теплопередачу и характеризуются условным (по глади) сопротивлением теплопередаче.

При проектировании наружных ограждающих конструкций здания в силу конструктивных особенностей оболочки здания и видов наружных ограждений возникают различного рода теплотехнические неоднородности: они имеют преимущественно линейный характер (наружные и внутренние углы наружных стен, примыкания наружных стен к внутренним стенам и перекрытиям, примыкания наружных стен к покрытиям и перекрытиям первого этажа над холодным подвалом или уложенным по грунту, стыки между соседними панелями, откосы проемов). Теплотери через эти виды теплотехнических неоднородностей определяют расчетом на ЭВМ двумерных стационарных температурных полей фрагментов наружных ограждений при расчетных значениях температур разделяемых воздушных сред и условиях теплообмена на поверхностях расчетного фрагмента.

В многослойных ограждающих конструкциях для обеспечения их конструктивной целостности и устойчивости в эксплуатационных условиях вводят различные типы связей между облицовочными слоями (соединительные ребра, в том числе перфорированные; гибкие стержневые связи; шпонки). К этой категории неоднородностей относят угловые примыкания откосов проемов, примыкания угла наружных стен к покрытию или перекрытию первого этажа. Теплотери через эти виды теплопроводных включений или примыканий определяют расчетом на ЭВМ двумерных (в цилиндрических координатах) или трехмерных стационарных температурных полей фрагментов при расчетных значениях температур и условиях теплообмена.

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждения – средневзвешенное по площади сопротивление теплопередаче совокупности разных видов ограждающих фрагментов и их элементов, образующих теплотехнически неоднородную конструкцию (панель, окно, световой фонарь, наружную дверь, ворота), часть здания (стену; фасад; покрытие; перекрытие над холодным подвалом, ограждение, контактирующее с грунтом; ограждение, разделяющее помещения с различными температурами внутреннего воздуха) или наружное ограждение здания в целом.

Коэффициент теплотехнической однородности r – безразмерный показатель, оценивающий снижение уровня теплозащиты ограждения вследствие наличия в нем различного вида теплотехнических неоднородностей (соединительных элементов облицовок ограждения, пронзающих теплоизоляционные слои; стыков между элементами ограждающих конструкций с примыканием к ним внутренних ограждений; откосов; угловых соединений, в том числе примыканий стен к покрытиям, перекрытиям над холодными пространствами, мест закрепления в стенах балконных плит и т. п.) и численно выражаемый отношением приведенного сопротивления теплопередаче ограждения к сопротивлению теплопередаче его зоны, удаленной от теплопроводных включений.

Конструктивные особенности теплозащиты наружных стен

С теплотехнической точки зрения различают три вида наружных стен по числу основных слоев: однослойные, двухслойные и трехслойные.

Однослойные стены выполняют из конструкционно-теплоизоляционных материалов и изделий, совмещающих несущие и теплозащитные функции.

В *двухслойных* стенах предпочтительно расположение утеплителя снаружи. Используют два варианта наружного утеплителя: системы с наружным кровным слоем без зазора и системы с воздушным зазором между наружным облицовочным слоем и утеплителем. Не рекомендуется применять теплоизоляцию с внутренней стороны из-за возможного накопления влаги в теплоизоляционном слое, но если это будет необходимо, поверхность со стороны помещения должна иметь сплошной и долговечный пароизоляционный слой.

В *трехслойных* ограждениях с защитными слоями на точечных (гибких, шпоночных) связях рекомендуется применять утеплитель из минеральной ваты, стекловаты или пенопласта, а также из ячеистых бетонов с толщиной, устанавливаемой по расчету с учетом теплопроводных включений от связей. В этих ограждениях соотношение толщин наружных и внутренних слоев должно быть не менее 1 : 1,25 при минимальной толщине наружного слоя 50 мм. Для общественных и промышленных зданий в стенах могут применяться трехслойные металлические панели с утеплителем из пенопласта, панели из легких бетонов.

При проектировании стен с неветилируемыми воздушными прослойками следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- высота прослойки должна быть не более высоты этажа и не более 6 м, толщина – не менее 40 мм (10 мм при устройстве отражательной теплоизоляции);
- воздушные прослойки следует разделять глухими диафрагмами из негорючих материалов на участки размером не более 3 м;
- воздушные прослойки рекомендуется располагать ближе к холодной стороне ограждения.

При проектировании стен с вентилируемой воздушной прослойкой (стены с вентилируемым фасадом) следует руководствоваться следующими рекомендациями:

- воздушная прослойка должна быть толщиной не менее 60 и не более 150 мм, ее следует размещать между наружным слоем и теплоизоляцией; следует предусматривать рассечки воздушного потока по высоте каждые три этажа из перфорированных перегородок;

– при расчете приведенного сопротивления теплопередаче следует учитывать все теплопроводные включения, в том числе крепежные элементы облицовки и теплоизоляции;

– наружный слой стены должен иметь вентиляционные отверстия, суммарная площадь которых определяется из расчета 75 см^2 на 20 м^2 площади стен, включая площадь окон;

– нижние (верхние) вентиляционные отверстия, как правило, следует совмещать с цоколями (карнизами), причем для нижних отверстий предпочтительно совмещение функций вентиляции и отвода;

– применять жесткие теплоизоляционные материалы плотностью не менее $80 - 90 \text{ кг/м}^3$, имеющие на стороне, обращенной к прослойке, более плотные поверхностные слои утеплителя или покрытия из стеклосетки с ячейками размерами не более $4 \times 4 \text{ мм}$ или стеклоткани; не следует применять горючие утеплители; применение мягких теплоизоляционных материалов не рекомендуется;

– при использовании в качестве наружного слоя облицовки из плит искусственных или натуральных камней горизонтальные швы должны быть раскрыты (не должны заполняться уплотняющим материалом).

При наличии в конструкции теплозащиты теплопроводных включений необходимо учитывать, что:

– несквозные включения целесообразно располагать ближе к теплой стороне ограждения;

– в сквозных, главным образом металлических включениях (профилях, стержнях, болтах, оконных рамах), целесообразно предусматривать вставки (разрывы мостиков холода) из материалов с коэффициентом теплопроводности не выше $0,35 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ [7].

2.2. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

Для выполнения расчета потребуются следующие нормативные документы:

- СП 50.1330.2012 «Тепловая защита зданий» [1].
- СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» [3].
- СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» [4].
- ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» [6].

Исходные данные

- район застройки следует принимать в соответствии с индивидуальным заданием преподавателя;
- характеристика ограждений здания – конструкция наружной стены;
- назначение здания и помещения (пример: жилое здание, назначение помещения – жилая комната).

Порядок выполнения работы

- определение исходных данных для расчета исходя из задания для практических работ;
- определение расчетных параметров наружной среды для района строительства (прил. 1);
- определение режима эксплуатации помещения с учетом нормативных санитарно-гигиенических показателей микроклимата его внутренней среды;
- определение требуемого R_{req} термического сопротивления теплопередаче наружной стены с утеплителем;
- определение расчетно-температурного перепада Δt_0 (разница между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности стены);
- оформление пояснительной записки к практической работе.

2.3. Пример выполнения теплотехнического расчета наружной стены

Исходные данные для расчета

Район строительства: г. Владимир.

Назначение здания: жилое.

Расчетная относительная влажность внутреннего воздуха из условия невыпадения конденсата на внутренних поверхностях наружных ограждений равна 55 % (п. 4.3 табл. 1 для нормального влажностного режима [1]).

Оптимальная температура воздуха в жилой комнате в холодный период года $t_{\text{в}} (t_{\text{int}}) = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [6].

Расчетные климатические характеристики

Климатические характеристики района строительства, необходимые для теплотехнического расчета ограждающих конструкций, принимаем по табл. 3.1 [3]. Для удобства дальнейших тепловых расчетов все исходные и выбранные из этого свода правил теплофизические характеристики рекомендуется свести в табл. 2.

Таблица 2

Климатические параметры для г. Владимира

Район строительства	t_{int}	t_{ext}	$t_{\text{оп}}$	$Z_{\text{оп}}$	Зона влажности	Влажностный режим в помещении
Владимир	20	-27	-3,4	209	Нормальная	Нормальный, 55 %

Примечания:

$t_{\text{int}} (t_{\text{в}})$ – расчетная температура внутреннего воздуха здания, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{ext}} (t_{\text{н}})$ – средняя температура воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92, $^{\circ}\text{C}$ (табл. 3.1, столбец 5 [3]); $t_{\text{М}}$ – абсолютная минимальная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$ (табл. 3.1, столбец 7 [3]); $t_{\text{оп}} (t_{\text{ht}})$ – средняя температура отопительного периода, $^{\circ}\text{C}$ (табл. 3.1, столбец 12 [3]); $z_{\text{оп}} (z_{\text{ht}})$ – продолжительность отопительного периода со среднесуточной температурой воздуха ниже $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$, сут/год (табл. 3.1, столбец 11 [3]); «зону влажности» принимаем по [1].

$t_{\text{оп}}$ и $z_{\text{оп}}$ – среднюю температуру наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$, и продолжительность отопительного периода, сут/год, соответственно принимаем по [3] для жилых и общественных зданий для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых – не более $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Конструктивное решение наружных стен

Конструкция наружной стены состоит из четырех слоев (рис. 1).

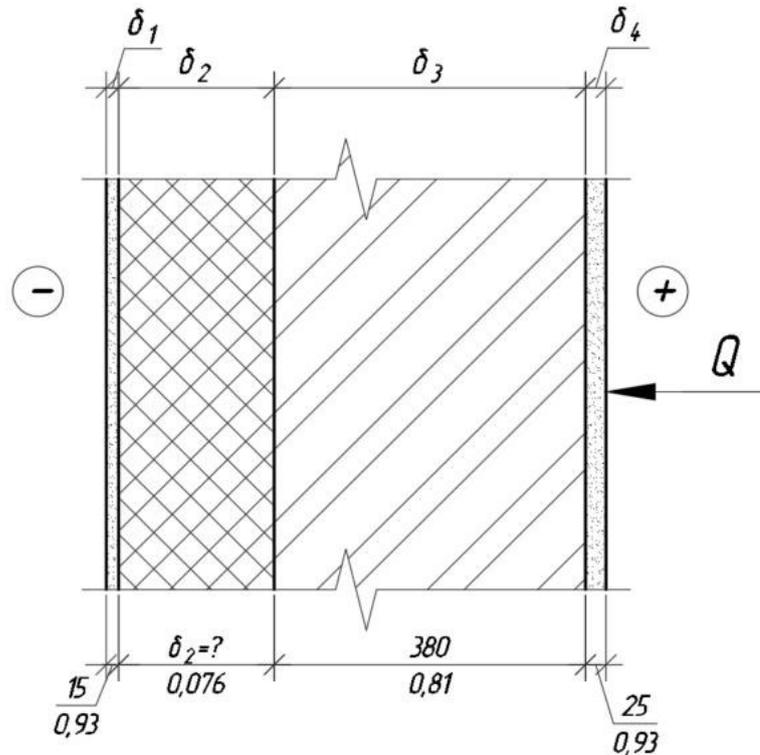


Рис. 1. Конструкция наружной стены жилого здания

Наименования материалов, из которых состоят конструкции наружной стены, с соответствующими характеристиками приведены в табл. 3.

Таблица 3

Конструкция наружной стены

№ слоя	Наименование материала	Плотность ρ , кг/м ³	Толщина материала δ , м	Коэффициент теплопроводности материала λ , Вт/(м · °С)
1	Цементно-песчаный раствор	1800	0,015	0,930
2	Плиты жесткие минераловатные	100	δ_2 -?	0,076
3	Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе	1800	0,380	0,810
4	Цементно-песчаный раствор	1800	0,025	0,930

Значения плотности и коэффициента теплопроводности материала принимаем по прил. Т [1].

Расчетные условия и характеристика микроклимата в помещениях

Температуру воздуха в помещениях t_v принимаем по табл. 1 [6]. Исходные данные следует записать в виде таблицы (табл. 4), пользуясь сведениями из табл. 5.

Таблица 4

Расчетные условия и характеристика микроклимата в помещениях жилого здания

Значение t_v для помещений, °С				Относительная влажность φ_v , %	Условия эксплуатации ограждающих конструкций
Угловой жилой комнаты	Рядовой жилой комнаты	Кухни	Лестничной клетки		
20	18	18	18	55	Б

Таблица 5

Влажностный режим помещений зданий

Режим	Влажность внутреннего воздуха φ_v , %, при температуре t , °С		
	До 12	От 12 до 24	Свыше 24
Сухой	До 60	До 50	До 40
Нормальный	От 60 до 75	От 50 до 60	От 40 до 50
Влажный	Свыше 75	От 60 до 75	От 50 до 60
Мокрый	–	Свыше 75	Свыше 60

Условия эксплуатации ограждающих конструкций А или Б в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности района строительства, необходимые для выбора теплотехнических показателей материалов наружных ограждений, следует устанавливать по табл. 6. Зоны влажности территории России следует принимать по прил. В [1].

Таблица 6

Условия эксплуатации ограждающих конструкций

Влажностный режим помещений зданий (по табл. 5)	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности (по прил. В [1])		
	Сухой	Нормальный	Влажный
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

Режим эксплуатации помещения в холодный период года в зависимости от относительной влажности и температуры внутреннего воздуха определяем по табл. 1 [1]: **нормальный**.

Технические характеристики ограждающих конструкций

Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций принимаем по [1]:

$\Delta t_n (\Delta t_0)$ – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С;

n – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху ($n = 1$);

$t_{int} (t_b)$ – расчетная температура внутреннего воздуха здания, принимаемая по минимальным значениям оптимальной температуры для жилого помещения, определяем по [4]: $t_{int} = 20$ °С;

$t_{ext} (t_n)$ – температура наружного воздуха в холодный период года, °С, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92. Принимаем по табл. 1 [3]: $t_{ext} = -27$ °С.

Определение требуемого R_{req} термического сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции и толщины слоя утеплителя

Приведенное сопротивление теплопередаче R_0 , ($m^2 \cdot °C$)/Вт, ограждающих конструкций, а также окон и фонарей (с вертикальным остеклением или с углом наклона более 45°) следует принимать не менее нормируемых значений R_{req} , ($m^2 \cdot °C$)/Вт, определяемых по табл. 4 в зависимости от градусо-суток отопительного периода района строительства (ГСОП), (°С · сут)/год. Также градусо-сутки имеют обозначение D_d .

Определяем по формуле

$$ГСОП = (t_b - t_{оп})Z_{оп}.$$

Требуемое сопротивление теплопередаче по энергосбережению определяем по табл. 3 [1] в зависимости от ГСОП с учетом примечания. Для расчета выбираем значения из табл. 7.

**Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче
ограждающих конструкций (табл. 3 [1])**

ГСОП	R_0^{TP} , (м ² · °С)/Вт, для наружной стены
4000	2,8
6000	3,5

Определяем ГСОП для г. Владимира

$$\text{ГСОП} = (20 - (-3,4)) \cdot 209 = 4890,6 \text{ (}^\circ\text{C} \cdot \text{сут)/год.}$$

Интерполяцией по табл. 7 определяем требуемое сопротивление теплопередаче R_0^{TP}

$$R_0^{TP} = 2,8 + \frac{3,5 - 2,8}{6000 - 4000} (4890,6 - 4000) = 3,11 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Определить требуемое сопротивление теплопередаче R_0^{TP} , (м² · °С)/Вт, можно и по формуле

$$R_0^{TP} = a \cdot \text{ГСОП} + b,$$

где $a = 0,00035$; $b = 1,4$ согласно примечаниям к табл. 4 [1].

Тогда

$$R_0^{TP} = 0,00035 \cdot 4890,6 + 1,4 = 3,11 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

2.4. Определение толщины изоляционного слоя (утеплителя)

Для каждого слоя заданной стены необходимо рассчитать сопротивление теплопередаче R_i по формуле

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i},$$

где δ_i – толщина слоя, мм; λ_i – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м · °С).

Рассматриваемая конструкция стены имеет четыре слоя: цементно-песчаный раствор, плиты жесткие минераловатные, кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе, цементно-песчаный раствор.

Толщину утеплителя определяем по формуле

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \frac{1}{\alpha_H}, \quad (1)$$

где α_B – коэффициент теплообмена на внутренней поверхности ограждения; α_H – коэффициент теплообмена на наружной поверхности ограждения.

Тогда формула (1) принимает вид

$$R_0^{\phi} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_i^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{\delta_2}{0,076} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,025}{0,93} + \frac{1}{23} =$$

$$= 3,11 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Отсюда

$$\delta_2 = \left(3,11 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,015}{0,93} - \frac{0,38}{0,81} - \frac{0,025}{0,93} - \frac{1}{23} \right) 0,076 =$$

$$= 0,186 \text{ м} = 186 \text{ мм}.$$

Вычисленное значение δ_2 должно быть скорректировано в соответствии с требованиями унификации материала. Поэтому принимаем ближайшее большее стандартное значение. Округляем полученный результат до 190 мм.

Для проверки полученного результата толщины утеплителя необходимо выполнить поверочный расчет толщины утеплителя. Исходные данные сводим в табл. 8.

Расчет фактического оптимального сопротивления теплопередаче

Таблица 8

Теплотехнические показатели строительных материалов

№ слоя	Наименование материала	Плотность ρ , кг/м ³	Толщина материала δ , м	Коэффициент теплопроводности материала λ , Вт/(м · °С)
1	Цементно-песчаный раствор	1800	0,015	0,930
2	Плиты жесткие минеральные	100	0,190	0,076
3	Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе	1800	0,380	0,810
4	Цементно-песчаный раствор	1800	0,025	0,930

Теплотехнические показатели строительных материалов выбираем в соответствии с прил. Т [1].

Приведенное сопротивление теплопередаче (R_0^Φ) наружной стены находим по формуле (1).

Тогда

$$R_0^\Phi = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_i^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,19}{0,076} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{1}{23} = 3,16 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Правильность расчетов подтверждается выполнением следующего условия (достаточность сопротивления теплопередаче)

$$R_0^\Phi \geq R_0^{\text{ТР}},$$

$$R_0^\Phi = 3,16 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \geq R_0^{\text{ТР}} = 3,11 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Вывод: условие выполняется, фактическое приведенное сопротивление теплопередаче не меньше требуемого. Следовательно, толщина утеплителя рассчитана верно.

Теплотехнический расчет для рассматриваемого примера, выполненный в Smartcalc.ru

Детальный теплотехнический расчет ограждающих конструкций онлайн можно выполнить в программе *Smartcalc*.

Согласно заданию выбираем регион и населенный пункт строительства, назначение помещения и вид рассматриваемой конструкции. Выбранные данные заносим в программу.

Для района строительства программа определяет климатические и тепловые характеристики и формирует табл. 9.

Тепловая защита

Температура холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92, °С	-27
Продолжительность отопительного периода, сут	209
Средняя температура воздуха отопительного периода, °С	-3,4
Условия эксплуатации помещения	Б
Количество градусо-суток отопительного периода (ГСОП)	4870
<i>Требуемое сопротивление теплопередаче, (м² · °С)/Вт</i>	
Санитарно-гигиенические требования	1,35
Нормируемое значение поэлементных требований	1,96
Базовое значение поэлементных требований	3,10

В рассматриваемом примере конструкция наружной стены состоит из четырех слоев: цементно-песчаный раствор, плиты жесткие минеральные, кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе, цементно-песчаный раствор. Для расчета необходимо создать конструкцию стены, нажимая кнопку «вставить слой» (рис. 2).



Рис. 2. Формирование конструкции стены в программе Smartcalc

Далее программа обрабатывает информацию и выдает решение о соответствии ограждающих конструкций требованиям нормативной документации (рис. 3 и табл. 10). На рис. 3. показано распределение температуры в толще стены и температура точки росы.

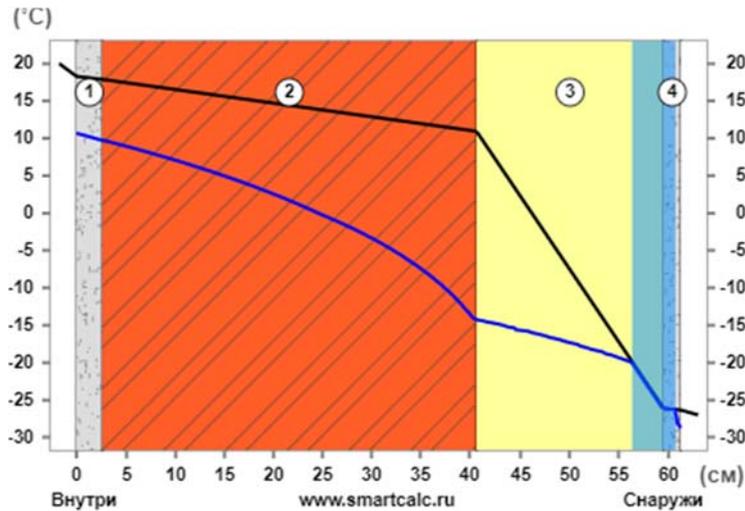


Рис. 3. Распределение температуры в толще стены и температура точки росы в программе Smartcalc.

Условные обозначения:

- – температура (верхняя линия);
- – температура точки росы (нижняя линия);

- 1 – цементно-песчаный раствор, 25 мм;
- 2 – кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе, 380 мм;
- 3 – плиты жесткие минеральные, 190 мм (плотность 120 – 170 кг/м³);
- 4 – цементно-песчаный раствор, 15 мм

Таблица 10

Слои конструкции (изнутри наружу)

№ слоя	Толщина, мм	Материал	λ , Вт/(м · °С)	R , (м ² · °С)/Вт	T_{max} , °С	T_{min} , °С
<i>Сопротивление</i>			–	0,11	20,0	18,3
1	25	Цементно-песчаный раствор	0,930	0,03	18,3	17,9
2	380	Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе, 1800 кг/м ³	0,810	0,47	17,9	10,9
3	190	Минеральная вата, 120 – 170 кг/м ³	0,076	2,50	10,9	–26,1
4	15	Цементно-песчаный раствор	0,930	0,02	–26,1	–26,4
<i>Сопротивление теплопередаче</i>			–	0,04	–26,4	–27,0
Термическое сопротивление ограждающей конструкции 3,01						
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции 3,17						

Программа *Smartcalc* позволяет проанализировать переувлажнение конструкции (рис. 4).

Оценить воздействие парообразной влаги на ограждение можно следующим образом.

1. Не допускать накопления влаги в ограждениях за годовой период эксплуатации (т. е. влага, накопившаяся в зимний период, должна высохнуть за летний период).

2. Не допускать накопления влаги в ограждении больше количества, определенного нормативными документами, к концу периода влагонакопления.

Защита от переувлажнения

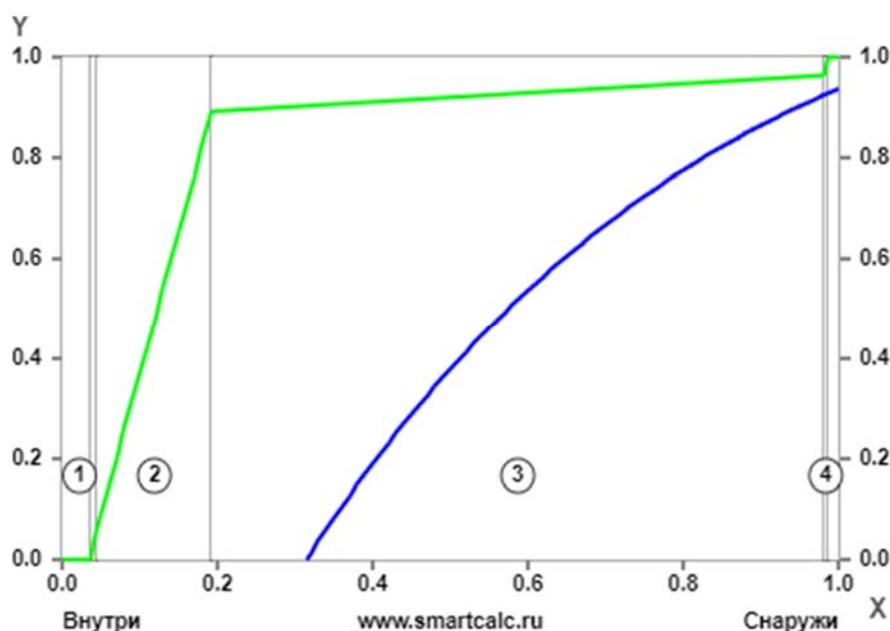


Рис. 4. График возможного увлажнения конструкции стены

Условные обозначения:

- — безразмерное сопротивление паропроницанию;
- — то же насыщенного паром воздуха;
- — плоскость максимального увлажнения;

*1 – цементно-песчаный раствор, 25 мм; 2 – кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе, 380 мм;
3 – плиты жесткие минеральные, 190 мм (плотность 120 – 170 кг/м³); 4 – цементно-песчаный раствор, 15 мм*

Кривая безразмерного сопротивления паропроницанию располагается выше кривой насыщенного паром воздуха, следовательно, в ограждении не наступает точки росы, и парообразная влага не будет конденсироваться.

Плоскость максимального увлажнения на графике отсутствует. Это означает, что конструкция стены спроектирована верно.

Метод безразмерных величин

Метод безразмерных величин позволяет существенно упростить задачу по определению плоскости возможной конденсации в многослойных ограждающих конструкциях. Методика определения положения в ограждении плоскости максимального увлажнения для периода с отрицательными наружными температурами приведена в СП 50.13330.2012.

Программа *Smartcalc* позволяет определить координату плоскости максимального возможного увлажнения (определение параметра «X») (табл. 11).

Таблица 11

Послойный расчет защиты от переувлажнения (изнутри наружу)

№ слоя	Толщина слоя, мм	Материал	μ	$R_{п}$	X	$R_{п(в)}$	$R_{п.тр(1)}$	$R_{п.тр(2)}$
1	25	Цементно-песчаный раствор	0,09	0,28	-106,9	0	0	0,
2	380	Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе, 1800 кг/м ³	0,10	3,80	-114,9	0	0	0
3	190	Минеральная вата, 120 – 170 кг/м ³	0,58	0,33	190,0 (360,6)	4,41	0,19	2,94
4	15	Цементно-песчаный раствор	0,09	0,17	-2893,2	0	0	0
Координата плоскости максимального увлажнения					X	-106,9 мм		

Примечания: μ – коэффициент паропроницаемости материала слоя, мг/(м · ч · Па); $R_{п}$ – сопротивление паропроницанию, (м² · ч · Па)/мг; $R_{п(в)}$ – сопротивление паропроницанию от внутренней поверхности конструкции до плоскости возможной конденсации; $R_{п.тр(1)}$ – требуемое сопротивление паропроницанию из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации; $R_{п.тр(2)}$ – требуемое сопротивление паропроницанию из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха.

Условие недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации ($R_{п(в)} > R_{п.тр(1)}$) выполнено.

Условие ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха ($R_{п(в)} < R_{п.тр(2)}$) выполнено.

Вывод: предотвращение конденсации паров воды в конструкции стены достигается конструктивными решениями: соответствующим расположением слоев материалов с различной паропроницаемостью. Рассматриваемая конструкция стены удовлетворяет требованиям защиты от переувлажнения.

Тепловые потери

Тепловые потери через квадратный метр ограждающей конструкции

Расчет теплотерь через 1 м² ограждающей конструкции покажет, какие будут потери тепла через 1 м² за отопительный сезон через 1 м² за 1 ч при температуре самой холодной пятидневки. Результаты расчета помогут провести анализ финансовой эффективности принятой конструкции.

Программа *Smartcalc* позволяет выполнить расчет тепловых потерь через ограждающие конструкции (рис. 5).

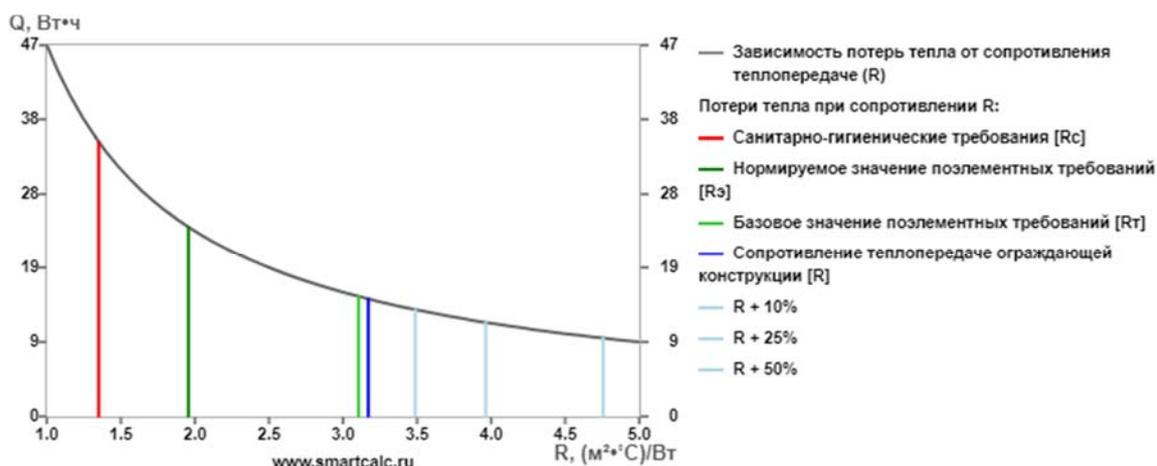


Рис. 5. Тепловые потери через 1 м² ограждающей конструкции

В табл. 12 представлены тепловые потери для разных видов сопротивлений теплопередач. С увеличением значения сопротивления теплопередаче (R) уменьшаются теплотери конструкции (Q).

Таблица 12

Потери тепла через 1 м² за 1 ч при сопротивлении теплопередаче (Вт · ч)

Сопротивление теплопередаче	R (м ² · °С)	$\pm R$, %	Q Вт · ч	$\pm Q$, Вт · ч
Санитарно-гигиенические требования [R_c]	1,35	-57,40	34,80	19,98
Нормируемое значение поэлементных требований [$R_э$]	1,96	-38,31	24,03	9,21
Базовое значение поэлементных требований [R_t]	3,10	-2,09	15,14	0,32
Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции [R]	3,17	0	14,82	0
$R + 10$ %	3,49	10,00	13,48	-1,35
$R + 25$ %	3,96	25,00	11,86	-2,96
$R + 50$ %	4,76	50,00	9,88	-4,94
$R + 100$ %	6,34	100,00	7,41	-7,41

Потери тепла через 1 м² за отопительный сезон – 36,86 кВт · ч.

Потери тепла через 1 м² за 1 ч при температуре самой холодной пятидневки – 14,82 кВт · ч.

Таким образом, расчет показывает тепловую защиту, влагонакопление и тепловые потери конструкции.

2.5. Определение расчетно-температурного перепада Δt_0 (разница между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности стены)

Определяем расчетный температурный перепад Δt_0 , °С, между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции в соответствии с п. 5.8 [8] по формуле

$$\Delta t_0 = \frac{n(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{R_0 \alpha_{\text{int}}}. \quad (2)$$

Δt_0 показывает расчетную разницу между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности стены.

Подставляя исходные данные в формулу (2), для г. Владимира получаем

$$\Delta t_0 = \frac{1(20 - (-27))}{3,16 \cdot 8,7} = 1,71 \text{ °С}.$$

Проверяем условие: $\Delta t_0 \leq \Delta t_n$, где Δt_n – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по табл. 5 [1], $\Delta t_n = 4 \text{ °С}$; $1,71 \text{ °С} < 4,00 \text{ °С}$.

Вывод: принятая конструкция стены отвечает санитарно-гигиеническим и строительным требованиям к теплопередаче ограждающих конструкций по температурному перепаду.

2.6. Построение линии распределения температуры в толще стены

Изменение температуры в каждом из слоев происходит по линейному закону, но с различным углом наклона, соответствующим термическому сопротивлению слоя.

Таким образом, график распределения температуры в слоистом ограждении имеет характер ломаной линии, отрезки которой, проходящие через слои с более высоким термическим сопротивлением, имеют больший угол наклона к горизонту.

Положение слоя утеплителя в составе ограждающей конструкции выбирают исходя из функционального назначения и режима эксплуатации зданий и помещений. При этом должна обеспечиваться требуемая термостабильность внутренней среды помещений при минимальном потреблении энергоресурсов на их отопление и кондиционирование.

Правильное расположение слоя утеплителя в составе ограждающей конструкции определяет долговечность и надежность ее эксплуатации. Для этого требуется предотвратить возможность образования и замерзания конденсата в жестких слоях ограждающих конструкций и обеспечить их минимальную температурную деформацию, обусловленную амплитудой колебания температуры наружного воздуха и других климатических параметров, определяющих условия эксплуатации ограждающих конструкций в течение всего года.

Температура (τ_n) на границе n -ного слоя ограждающей конструкции n с его «теплой» стороны определяется как

$$\tau_n = t_{\text{int}} - \frac{(t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) (R_B + R_1 + \dots + R_n)}{R_0} \quad (3)$$

где $R_1 \dots R_n$ – сопротивление теплопередаче n -ного слоя ограждающей конструкции;

$$R_4 = \frac{0,025}{0,93} = 0,03 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$R_3 = \frac{0,38}{0,81} = 0,47 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$R_2 = \frac{0,19}{0,076} = 2,5 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$R_1 = \frac{0,015}{0,93} = 0,017 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Подставляя значения $R_1 \dots R_4$ в формулу (3), получаем:

$$t_{\text{int}} = 20 - \frac{(20 - (-27)) \left(\frac{1}{8,7}\right)}{3,16} = 18,23 \text{ °C},$$

$$\tau_4 = 20 - \frac{(20 - (-27)) \left(\frac{1}{8,7} + 0,03\right)}{3,16} = 17,84 \text{ °C},$$

$$\tau_3 = 20 - \frac{(20 - (-27)) \left(\frac{1}{8,7} + 0,03 + 0,47\right)}{3,16} = 10,52 \text{ °C},$$

$$\tau_2 = 20 - \frac{(20 - (-27)) \left(\frac{1}{8,7} + 0,03 + 0,47 + 2,5 \right)}{3,16} = -26,33 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\tau_1 = 20 - \frac{(20 - (-27)) \left(\frac{1}{8,7} + 0,03 + 0,47 + 2,5 + 0,017 \right)}{3,16} = -26,58 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Выполним построение линии распределения температуры в толще стены (рис. 6).

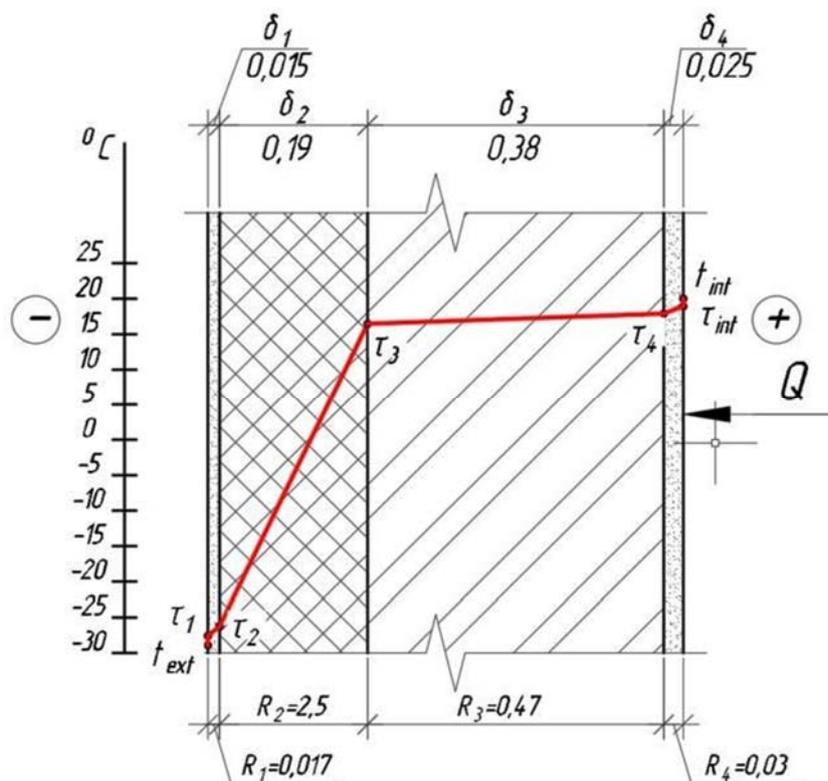


Рис. 6. Построение линии распределения температуры в наружной стене

Вывод: при построении линии распределения температуры в толще стены определено, что температурные точки τ_4 и τ_3 находятся в зоне положительных температур. Таким образом, обеспечена минимальная температурная деформация кирпичной кладки, обусловленная амплитудой колебания температуры наружного воздуха и других климатических параметров.

Тема 3. МИКРОКЛИМАТ ПОМЕЩЕНИЙ

3.1. Факторы микроклимата

Микроклимат в помещении определяется воздушным и радиационным режимами.

Воздушный режим – это взаимодействие температуры, влажности и движения воздуха. При разных сочетаниях эти три составляющие воздушного режима оказывают неодинаковое физиологическое воздействие на человека.

Радиационный режим в помещении – это теплообмен излучением между человеком и окружающими его ограждениями (окнами, потолком, стенами, полом) и между человеком и наружным пространством (через открытые проемы).

Дискомфорт наступает либо при чрезмерной жаре, когда человек должен освободиться в процессе теплообмена от излишней теплоты, вырабатываемой организмом, либо в случае холода, когда организм человека не успевает компенсировать теплоту, отдаваемую в окружающее пространство.

Таким образом, комфортное состояние определяется взаимоотношением прихода и расхода теплоты в определенный отрезок времени. Для обеспечения этого баланса при разнообразных температурных воздействиях на человека решающее значение имеют меры и способы регулирования микроклимата помещения, их умелое и экономичное использование при проектировании, для чего необходимо обладать данными о климате местности, в которой возводится здание.

Микроклимат помещения – это состояние внутренней среды здания, которое оказывает как положительное, так и отрицательное воздействие на человека, характеризуется показателями температуры, подвижности воздуха и влажности.

Основное требование к микроклимату помещений заключается в том, что состояние среды внутреннего пространства объекта должно полностью соответствовать психологическим и физиологическим потребностям людей.

3.2. Создание микроклимата помещений

Для того чтобы получить приемлемый для человека микроклимат в жилом помещении, необходимо учитывать следующие факторы:

- воздухообмен;
- уровень влажности и шума;
- температуру;
- насыщение воздуха частицами пыли;
- скорость движения воздушных масс.

Микроклимат помещений характеризуется также показателями влажности: самым комфортным уровнем для человека считается диапазон от 40 до 60 %. При этом нужно учитывать, что крайние показатели могут находиться на отметке в 30 и 70 %. Если они выйдут за эти значения, то у человека возникнет сухость кожи и слизистых дыхательных путей либо ему станет жарко и душно. Важно знать, что в таком жилье начнут растрескиваться мебель, полы и отклеиваться обои.

Для исправления ситуации можно улучшить эффективность работы систем вентиляции, а также воспользоваться увлажнителями воздуха.

Для того чтобы определить уровень влажности помещения, используют специальный прибор – гигрометр. Излишняя влажность, как правило, негативно влияет на здоровье и самочувствие человека.

Один из основных факторов, влияющих на микроклимат помещений, – это температурный режим. Идеальной для жилых помещений является температура в диапазоне от 20 до 22 °С.

Если оптимальный микроклимат жилых помещений нарушается, то при длительном воздействии неприятная температура может ослабить организм человека и снизить его иммунитет. Это касается как очень холодных помещений, так и очень жарких, так как такие условия не самая лучшая среда для здоровья человека.

Гигиенические требования к микроклимату помещений предполагают, что воздух в жилье должен быть свежим (не иметь неприятных запахов), влажным и, что немаловажно, подвижным. Все эти показатели в основном зависят от проветривания и вентилирования помещений, поскольку застоявшийся воздух становится фактором, который ухудшает здоровье человека.

В прохладное время года движение воздуха должно быть в диапазоне от 0,1 до 0,3 м/с. При бóльших показателях возникнет сквозняк.

Микроклимат помещений предполагает, что в них будет присутствовать качественный световой режим. Он напрямую связан с естественным освещением комнаты солнечными лучами. Это необходимо для создания оптимального светового режима и определения периодов благоприятной физической активности организма.

3.3. Приемы теплофизического проектирования деталей зданий

Влага проникает в ограждение в виде пара, который может диффундировать через многие материалы, включая некоторые непроницаемые для воздуха и воды в жидком виде. Попадая на холодную поверхность, пар конденсируется, увлажняя конструкцию. В результате ухудшаются теплозащитные свойства последней.

Повышенное влагосодержание характерно для многих конструкций, контактирующих с водой в процессе изготовления и эксплуатации, при этом различают пять видов увлажнения:

- при изготовлении конструкций (строительная влага);
- атмосферными осадками;
- утечками из водопроводно-канализационной сети;
- конденсатом водяных паров воздуха;
- капиллярным и электроосмотическим подсосом грунтовой воды.

Повышенное влагосодержание отрицательно сказывается на эксплуатационных показателях несущих и ограждающих конструкций. Кроме того, при изменении влажности изменяется объем материала, а при многократном увлажнении разрушается его структура и снижается долговечность. Неблагоприятно сказывается переувлажнение и на состоянии воздушной среды помещений, ухудшая ее с гигиенической точки зрения.

Содержание строительной влаги в конструкциях обусловлено спецификой их изготовления и в начальный период не превышает следующих величин: для бетонных и железобетонных конструкций – 6 – 9 %, для каменных и армокаменных конструкций – 8 – 12 %

В дальнейшем при неблагоприятных условиях эксплуатации влажность материала конструкции может существенно увеличиваться.

Увлажнение атмосферными осадками происходит при повреждениях кровли, неудовлетворительном состоянии водоотводящего оборудования здания (водосточных труб, желобов, водосливов) и носит преимущественно сезонный характер. Для защиты стен от увлажнения атмосферными осадками проводят конструктивные мероприятия, направленные на удлинение коротких карнизов; ремонт и восстановление желобов, водосточных труб и водосливов. Кроме того, поверхность стен оштукатуривают или облицовывают водостойкими материалами. Применяют также покраску стен эмалевыми и лакокрасочными составами.

Увлажнение утечками из водопроводно-канализационной сети обычно встречается в зданиях с изношенным санитарно-техническим оборудованием при нарушении сроков проведения планово-предупредительных ремонтов. Утечки приводят к переувлажнению и быстрому разрушению кладки стен, особенно из силикатного кирпича.

Увлажнение утечками устраняют путем ремонта санитарно-технического оборудования с последующим просушиванием конструкций теплым воздухом.

Увлажнение ограждающих конструкций конденсатом водяных паров воздуха происходит при температуре точки росы, когда влажность воздуха у поверхности конструкции или в порах ее материала оказывается выше максимальной упругости пара при данной температуре и избыток влаги переходит в жидкую фазу.

Механизм образования конденсата внутри ограждающей конструкции достаточно сложен и зависит от многих параметров: разности парциального давления паров воздуха у противоположных поверхностей конструкций; относительной влажности и температуры воздуха внутри и снаружи помещения; плотности материала. Существенная величина парциального давления позволяет воздушному потоку достаточно свободно проникать сквозь толщу наружной стены. Чем ниже теплоизоляция наружной стены и больше относительная влажность воздуха в помещении за этой стеной, тем выше опасность ее переувлажнения водяными парами из помещения.

Если же наружная поверхность стены покрыта плотным паронепроницаемым материалом, то проникающий через стену водяной пар имеет возможность конденсировать внутри стены, переувлажняя ее и увеличивая теплопроводность.

Конденсационное увлажнение предотвращается путем рационального конструирования стен, основанного на выполнении требований норм и расчете температурно-влажностного режима. Так, например, в зданиях, эксплуатируемых в условиях умеренно-влажностного и сухого климата, сопротивление наружных стен уменьшается от внутренней поверхности к наружной, при этом *пароизоляция* располагается на внутренней поверхности стены. Особенно это важно при защите от переувлажнения наружных стен влажных и мокрых помещений (бань, саун, прачечных и др.).

При выборе наружной отделки стен следует помнить, что опасны как ее паронепроницаемость, так и чрезмерная пористость. Если в первом случае возможно переувлажнение стены конденсатом, то во втором – атмосферной влагой.

Увлажнение капиллярным и электроосмотическим подсосами грунтовой влаги характерно для стен, у которых или отсутствует *горизонтальная гидроизоляция*, или гидроизоляция расположена ниже *отмостки*. Механизм капиллярного увлажнения основан на действии сил притяжения между молекулами твердого тела и жидкости (явление смачивания). При отсутствии в материале стены гидрофобных (водоотталкивающих) веществ вода смачивает стенки капилляров и поднимается по ним.

При реконструкции зданий, рассчитанных на длительную эксплуатацию, радикальными методами защиты стен от увлажнения грунтовыми водами считаются водоотведение, а также восстановление или устройство новой гидроизоляции стен.

Один из самых эффективных способов отведения грунтовых вод от стен подвальных помещений и заглублённых сооружений – дренаж. При проектировании дренажа необходимо учитывать, что водопонижение, особенно в глинистых и пылеватых песчаных грунтах, влечет за собой уплотнение и осадку осушаемой толщи грунта, что может привести к значительной деформации фундаментов.

К наиболее сложным и трудоемким процессам в ремонтных работах относятся восстановление или устройство новой *гидроизоляции* стен здания. Гидроизоляция – единственный надежный способ защиты стен от воздействия и проникновения капиллярной грунто-

вой влаги, безнапорных и напорных грунтовых вод. При этом *горизонтальная гидроизоляция* препятствует капиллярному и электроосмотическому подсосу влаги вверх по стене, а *вертикальная* – поверхностному увлажнению и проникновению влаги в подвальные помещения. Проведению ремонтно-восстановительных работ по гидроизоляции здания предшествует тщательное обследование его подземной части, особенно стен подвальных помещений, выполненных из бетонных блоков, бутовой или кирпичной кладки и имеющих большое количество швов.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое ГСОП? Приведите формулу для ее расчета. Какова ее единица измерения?
2. Какие требования предъявляют к тепловой защите зданий?
3. Какова последовательность проверки поэлементных требований к тепловой защите здания?
4. Что такое термическое сопротивление слоя, конструкции?
5. Чем сопротивление теплопередаче отличается от термического сопротивления?
6. Что показывает коэффициент теплопроводности?
7. Что такое коэффициент теплотехнической однородности?
8. Чем характеризуются абсолютная и относительная влажность воздуха?
9. Дайте определение понятию теплопроводности.
10. От чего зависит коэффициент теплопроводности?
11. Перечислите виды влаги, увеличивающей влажность материала в ограждении.
12. Перечислите мероприятия, защищающие стены от увлажнения.
13. Что такое точка росы?
14. Каково условие образования конденсата на внутренней поверхности ограждающей конструкции?
15. Перечислите факторы, влияющие на выбор условия эксплуатации ограждающей конструкции.

Глава 2. СТРОИТЕЛЬНАЯ СВЕТОТЕХНИКА

Тема 4. ЕСТЕСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ЗДАНИЙ

Информацию об окружающей среде человек получает в основном (до 90 %) через зрительный анализатор. Поэтому полнота и качество информации, поступающей через органы зрения, во многом зависят от освещения. Правильно спроектированное и выполненное освещение способствует обеспечению безопасности человека, сохранению его здоровья, работоспособности и высокопроизводительной деятельности. Неудовлетворительное освещение помещений и рабочих мест может явиться причиной утомления органов зрения, снижения производительности труда, ухудшения самочувствия работающих и причиной несчастных случаев.

Освещение оценивают количественными (световой поток, сила света, яркость, освещенность) и качественными (фон, контраст объекта с фоном, видимость, показатель ослепленности) показателями.

Световой поток – это физическая величина, характеризующая количество «световой» мощности в соответствующем потоке излучения, где под световой мощностью понимают световую энергию, переносимую излучением через некоторую поверхность за единицу времени. Таким образом, световой поток есть мощность лучистой энергии. За единицу светового потока условно принят люмен (лм).

Сила света есть пространственная плотность светового потока. Сила света измеряется в канделах (кд).

Яркость поверхности (кд/м²) в данном направлении – это отношение силы света, излучаемого поверхностью в этом направлении, к проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную данному направлению.

Освещенность – это отношение светового потока к освещаемой поверхности. За единицу освещенности принят люкс (лк).

Фон – это поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой его рассматривают; фон может быть светлым, средним и темным в зависимости от коэффициента отражения поверхности.

Контраст объекта различения с фоном определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона

к яркости фона. Контраст объекта различения с фоном может быть большим (объект и фон резко различаются по яркости), средним (объект и фон заметно различаются по яркости) и малым (объект и фон мало различаются по яркости).

В зависимости от источника света различают естественное, искусственное и совмещенное освещение.

Естественное освещение – это освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через проемы в наружных ограждающих конструкциях. По конструктивному выполнению естественное освещение бывает:

– *боковое одностороннее* – освещение помещения через световые проемы в наружных стенах с одной стороны;

– *боковое двустороннее* – освещение помещения через световые проемы в наружных стенах с двух сторон;

– *верхнее* – освещение помещения через световые (зенитные) и светоаэрационные фонари, световые проемы в стенах в местах перепада высот здания;

– *комбинированное* – сочетание верхнего и бокового освещения. При оценке естественного освещения используют количественный показатель – коэффициент естественной освещенности (КЕО): отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственным или после отражений), к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода; выражается в процентах.

4.1. Расчеты естественного освещения

При проектировании естественного освещения зданий следует руководствоваться требованиями, установленными [2] и указаниями других документов, утвержденных и согласованных в установленном порядке.

При проектировании освещения следует предпочесть варианты, которые позволяют обеспечивать нормативные требования с наименьшими энергетическими и материальными затратами.

Система естественного освещения должна обеспечивать:

- нормированные значения КЕО на рабочих местах или в расчетной точке помещения; регламентируемые требования к равномерности распределения КЕО в рабочих зонах помещения;
- нормированное значение коэффициента запаса;
- максимальное время использования естественного света.

В соответствии с [2] территория Российской Федерации зонирована на пять групп административных районов по ресурсам светового климата. Перечень административных районов, входящих в группы обеспеченности естественным светом, приведен в табл. 1 [2]. Значения КЕО в жилых и общественных зданиях, расположенных в первой группе административных районов, принимают в соответствии с прил. И [2].

Значения КЕО в жилых и общественных зданиях определяют по формуле

$$e_N = e_n m_N, \quad (4)$$

где номер группы административных районов определяют по прил. Е [2]; нормированное значение КЕО e_n выбирают по прил. И [2]; коэффициент светового климата m_N принимают по табл. 4 [2].

Полученные значения КЕО следует округлять до десятых долей.

Проектирование естественного освещения зданий должно базироваться на изучении трудовых процессов, выполняемых в помещениях, а также на светоклиматических особенностях места строительства зданий. При этом должны быть определены следующие параметры:

- характеристика и разряд зрительных работ;
- группа административного района, в котором предполагается строительство здания;
- нормированное значение КЕО с учетом характера зрительных работ и светоклиматических особенностей места расположения зданий;
- требуемая равномерность естественного освещения;
- продолжительность использования естественного освещения в течение суток для различных месяцев года с учетом назначения помещения, режима работы и светового климата местности;
- необходимость защиты помещения от слепящего действия солнечного света.

Проектирование естественного освещения здания следует выполнять в следующей последовательности.

1-й этап:

- определение требований к естественному освещению помещений;
- выбор типов световых проемов и светопропускающих материалов;
- выбор средств для ограничения слепящего действия прямого солнечного света;
- учет ориентации здания и световых проемов по сторонам горизонта;

2-й этап:

- выполнение предварительного расчета естественного освещения помещений (определение необходимой площади световых проемов);
- уточнение параметров световых проемов и помещений;

3-й этап:

- выполнение проверочного расчета естественного освещения помещений;
- определение помещений, зон и участков, имеющих недостаточное по нормам естественное освещение;
- определение требований к дополнительному искусственному освещению помещений, зон и участков с недостаточным естественным освещением;
- определение требований к эксплуатации световых проемов;

4-й этап:

- внесение необходимых коррективов в проект естественного освещения и повторный проверочный расчет (при необходимости).

Систему естественного освещения здания (боковое, верхнее или комбинированное) следует выбирать с учетом следующих факторов:

- назначения и принятого архитектурно-планировочного, объемно-пространственного и конструктивного решения здания;
- требований к естественному освещению помещений, вытекающих из особенностей технологии производства и зрительной работы;
- климатических и светоклиматических особенностей места строительства;
- экономичности естественного освещения (по энергетическим затратам).

При выборе световых проемов и светопропускающих материалов следует учитывать:

- требования к естественному освещению помещений;
- назначение, объемно-пространственное и конструктивное решение здания;
- ориентацию здания по сторонам горизонта;
- климатические и светоклиматические особенности места строительства;
- необходимость защиты помещений от инсоляции;
- степень загрязнения воздуха.

4.2. Проектирование световой среды в интерьере

Требования к освещению имеют различные аспекты, в том числе инженерный и физиологический.

Необходим единый подход к проектированию и эксплуатации оборудования различного назначения (светотехнического, электрического, вентиляционного и т. д.). Это определяется экономической целесообразностью, а в некоторых случаях и тем, что в интерьере невозможно разместить отдельные виды оборудования без комплексного инженерного проектирования.

Кроме того, сама по себе задача освещения имеет комплексный характер, поскольку свет в интерьере обеспечивает зрительную работоспособность, но также выполняет психологические, биологические и эстетические функции.

Комплексный инженерный подход без учета разнообразных функций света в интерьере и влияния его на человека недостаточен. Свет такой же важный строительный материал, как камень, кирпич и другие компоненты конструкций зданий, строений, поскольку они воспринимаются только благодаря свету. Поэтому свет – это один из важнейших факторов проектирования. В настоящее время развитие источников света, осветительных приборов и систем управления освещением достигло такого уровня, когда искусственный свет для определения функции интерьера и его формы играет бóльшую роль, чем естественный.

Неумение правильно использовать свет не только обедняет архитектурное решение, но иногда приводит к искажению проекта, так как интерьер из-за несоответствующего распределения яркости или выбора источников света выглядит не так, как было запланировано.

К числу отдельных вопросов по формированию оптимальной световой среды относят поиски путей единого проектирования свето-цветовой среды, вопросы динамики освещения и биологического действия оптического излучения.

Требования, предъявляемые к световой среде общественного интерьера

Формирование световой среды общественного интерьера зависит от функционального назначения и пространственной организации здания.

Особенности световых решений в клубах, кафе и ресторанах обычно зависят от особенностей интерьера помещения, с учетом этого и расставляют световые акценты. Например, наиболее ярко и направленно могут быть подсвечены стилеобразующие элементы: бар, сцена для живой музыки, танцпол или огромная плазменная панель. Зона расположения столиков, напротив, должна способствовать отдыху и раскованному общению, поэтому свет тут, как правило, приглушенный. Освещение в таких помещениях всегда должно быть безупречно вписано в общую концепцию заведения.

При проектировании комплексного освещения офисов обычно комбинируются несколько типов светильников, так как при помощи света одновременно решаются разноплановые задачи. Очень важно правильно подобрать освещение рабочего места: людям, которые целый день работают за компьютером или постоянно общаются с клиентами, необходимо абсолютно разное освещение. Однако не менее важны задачи создания с помощью света зон отдыха, снижения эмоциональной нагрузки, напряжения.

Плохо спроектированная система освещения в офисе будет способствовать снижению работоспособности. Также очень важны достижение равновесия между энергосбережением и качеством освещения, доступность и невысокая стоимость эксплуатационного обслуживания.

Естественное освещение жилых помещений и способы его максимального использования в интерьере

На естественное освещение жилых помещений влияет интенсивность инсоляции, а также расстояние до противоположных зданий, близость расположения зеленых насаждений. Все это относится к внешним факторам. К внутренним относятся состояние естественной освещенности помещения, величина и площадь остекления окон. Лучшими по форме считаются квадратные окна, причем верхний край окна

должен располагаться на расстоянии 15 – 30 см от потолка, что обеспечивает максимальное поступление света в глубину помещения. Наибольший размер межоконных простенков должен быть не более двойной ширины оконных проемов. Из-за задержки света переплетами окон и решеток потеря света может составлять от 10 до 35 %. На состояние естественного освещения влияет чистота стекла (потеря световых лучей может достигать 50 %), плотность занавесей, количество растений на подоконниках.

Естественное освещение помещений создается за счет прямого, рассеянного и отраженного от окружающих предметов солнечного света.

Освещенность помещения зависит от интенсивности прямого солнечного света, а также от окраски отражающих поверхностей окружающих зданий, от окраски потолка, стен, пола, мебели в самом помещении. Темные цвета поглощают большое количество световых лучей, белый цвет и светлые тона обеспечивают наибольшее отражение световых лучей – 70 – 90 %, желтый цвет – 50 %, цвет натурального дерева – 40 %, зеленый и серый – 30 %, голубой – 25 %, светло-коричневый – 15 %, синий и фиолетовый – 10 %, черный – 1 %.

Окраска стен и мебели оказывает также психофизическое действие. Так, красный, оранжевый и желтый цвета относятся к теплым тонам. Красный цвет возбуждает, желтый тонизирует. Они улучшают настроение, повышают работоспособность. Эти яркие цвета широко используют в дизайне детских комнат. Окраска стен и обивки мебели в красный, розовый цвета неприемлема для легковозбудимых людей. Голубой цвет успокаивает, синий и фиолетовый угнетают. Это холодные тона, они способствуют меланхолии и депрессии. Зеленый цвет ассоциируется с растительностью, поэтому является нейтральным.

Для очень хорошего дневного освещения площадь окон должна соответствовать площади пола. Для жилых помещений достаточно, если площадь остекления относится к площади пола как 1:6 или 1:8.

Солнце создает освещенность вне помещений порядка десятков тысяч люкс. В жилых помещениях освещенность у внутренней стены должна составлять от 0,5 до 2,5 % от наружной. Летом она достигает несколько сотен люкс.

Равномерной должна быть освещенность по помещению и на рабочем месте. Слепящее действие света, яркость и контрастные тени вызывают утомление мышц глаза, принимающих участие в адаптации к таким условиям.

Освещение может быть обеспечено за счет естественного света, искусственных источников света и комбинацией естественных и искусственных источников.

4.3. Пример расчета естественного освещения

Расчеты естественного освещения позволяют определить необходимые размеры световых проемов с учетом их расположения, формы, конструкции, а также условий эксплуатации помещений.

Приближённый метод расчета необходимой площади световых проемов

Этот метод позволяет по заданным требованиям к естественному освещению помещения определять необходимые геометрические размеры и расположение световых проемов.

Требуемая площадь световых проемов в процентах от площади пола помещения, обеспечивающая нормированные значения КЕО, приближенно определяется по формуле

$$100 \frac{S_o}{S_n} = \frac{e_N k_3 \eta_o}{\tau_o r_1} k_{зд}, \quad (5)$$

где S_o – площадь световых проемов (в свету) при боковом освещении, m^2 ; S_n – площадь пола помещения, m^2 ; e_N – нормированное значение КЕО при боковом освещении помещения (определяют по (4) с учетом прил. К [2]); k_3 – коэффициент запаса (определяют по табл. 3 [2]); η_o – световая характеристика окон (табл. 13); $k_{зд}$ – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями (табл. 14); r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения, и подстилающего слоя, прилегающего к зданию (табл. 15); τ_o – общий коэффициент светопропускания светового проема, определяемый по формуле

$$\tau_o = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5, \quad (6)$$

где τ_1 – коэффициент светопропускания материала; τ_2 – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема (размеры светопроема принимают равными размерам коробки переплета по наружному обмеру); τ_3 – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях; τ_4 – коэффициент, учитывающий потери света в

солнцезащитных устройствах; τ_5 – коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями. Значения коэффициентов приведены в прил. 2.

Таблица 13

**Значения световой характеристики η_0 окон
при боковом освещении**

Отношение длины помещения L_n к его глубине B ; L_n / B	Значение η_0 при отношении глубины помещения B к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна h (h_1); B / h_1							
	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	7,5	10,0
4,0 и более	6,5	7,0	7,5	8,0	9,0	10,0	11,0	12,5
3,0	7,5	8,0	8,5	9,6	10,0	11,0	12,5	14,0
2,0	8,5	9,0	9,5	10,5	11,5	13,0	15,0	17,0
1,5	9,5	10,5	13,0	15,0	17,0	19,0	21,0	23,0
1,0	11,0	15,0	16,0	18,0	21,0	23,0	26,5	29,0
0,5	18,0	23,0	31,0	37,0	45,0	54,0	66,0	–

Примечание: h – это высота от уровня условной рабочей поверхности до верха окна. При совпадении уровня условной рабочей поверхности и подоконника $h = h_1$.

Таблица 14

**Значение коэффициента $k_{зд}$ в зависимости от отношения
расстояния между рассматриваемым и противостоящим зданием
 P к высоте расположения карниза противостоящего здания
над подоконником рассматриваемого окна $H_{зд}$**

$P / H_{зд}$	$k_{зд}$
0,5	1,7
1,0	1,4
1,5	1,2
2,0	1,1
3,0 и более	1,0

Значения коэффициента r_1

Отношение глубины помещения V к высоте h (h_1) от уровня условной рабочей поверхности до верха окна; V / h_1	r_1 при боковом одностороннем освещении												
	При средневзвешенном коэффициенте отражения $\rho_{\text{ср}}$ потолка, стен и пола, равном												
	0,5				0,4				0,3				
	При отношении длины помещения L_n к его глубине B ; L_n / B												
	0,5	1,0	2,0 и более	0,5	1,0	2,0 и более	0,5	1,0	2,0 и более	0,5	1,0	2,0 и более	
1,0 – 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,00	1,05	1,05	1,00	1,05	1,00	1,00	
	0,5	1,40	1,30	1,20	1,20	1,10	1,20	1,15	1,10	1,20	1,10	1,10	
	1,0	2,10	1,90	1,50	1,80	1,60	1,30	1,40	1,30	1,40	1,30	1,20	
	0	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,00	1,00	1,00
	0,3	1,30	1,20	1,10	1,20	1,15	1,10	1,15	1,10	1,10	1,10	1,10	1,05
Более 1,5 – 2,5	0,5	1,85	1,60	1,30	1,50	1,20	1,30	1,35	1,20	1,30	1,20	1,10	
	0,7	2,25	2,00	1,70	1,70	1,60	1,30	1,60	1,30	1,55	1,35	1,20	
	1,0	3,80	3,30	2,40	2,80	2,40	1,80	2,40	1,80	2,00	1,80	1,50	
	0,1	1,10	1,05	1,05	1,05	1,05	1,00	1,05	1,00	1,00	1,00	1,00	
	0,2	1,15	1,10	1,05	1,10	1,10	1,05	1,10	1,05	1,05	1,05	1,05	
Более 2,5 – 3,5	0,3	1,20	1,15	1,10	1,15	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,05	
	0,4	1,35	1,25	1,20	1,20	1,15	1,10	1,15	1,10	1,15	1,10	1,10	
	0,5	1,60	1,45	1,30	1,35	1,25	1,15	1,25	1,15	1,25	1,15	1,10	

	0,6	2,00	1,75	1,45	1,60	1,45	1,30	1,40	1,30	1,30	1,20
	0,7	2,60	2,20	1,70	1,90	1,70	1,40	1,60	1,50	1,30	1,30
	0,8	3,60	3,10	2,40	2,40	2,20	1,55	1,90	1,70	1,70	1,40
	0,9	5,30	4,20	3,00	2,90	2,45	1,90	2,20	1,85	1,85	1,50
	1,0	7,20	5,40	4,30	3,60	3,10	2,40	2,60	2,20	2,20	1,70
	0,1	1,20	1,15	1,10	1,10	1,10	1,05	1,05	1,05	1,05	1,00
	0,2	1,40	1,30	1,20	1,20	1,15	1,10	1,10	1,10	1,05	1,05
	0,3	1,75	1,50	1,30	1,40	1,30	1,20	1,20	1,25	1,20	1,10
	0,4	2,40	2,10	1,80	1,60	1,40	1,30	1,30	1,40	1,30	1,20
	0,5	3,40	2,90	2,50	2,00	1,80	1,50	1,50	1,70	1,50	1,30
Более 3,5	0,6	4,60	3,80	3,10	2,40	2,10	1,80	2,00	1,80	1,80	1,50
	0,7	6,00	4,70	3,70	2,90	2,60	2,10	2,30	2,00	2,00	1,70
	0,8	7,40	5,80	4,70	3,40	2,90	2,40	2,60	2,30	2,30	1,90
	0,9	9,00	7,10	5,60	4,30	3,60	3,00	3,00	2,60	2,60	2,10
	1,0	10,00	7,30	5,70	5,00	4,10	3,50	3,50	3,00	3,00	2,50

Для определения коэффициента r_1 необходимо знать средневзвешенный коэффициент светоотражения ρ (табл. 16). Отделку внутренних поверхностей студент выбирает по желанию.

Таблица 16

Значения коэффициентов отражения ρ внутренних поверхностей интерьера

Поверхность	Коэффициент отражения ρ
Побелка	0,75 – 0,65
Желтая, голубая окраска	0,45 – 0,40
Светлая клеевая окраска (лимонная, светло-серая и т. п.)	0,60 – 0,50
Светло-коричневая окраска	0,35
Натуральный дуб и бук	0,30
Паркет светлый	0,25 – 0,30
Релин светлый	0,30 – 0,40
Релин темный	0,20 – 0,15

Исходные данные для расчета

Требуется определить необходимую площадь световых проемов в классной комнате общеобразовательной школы на горизонтальной рабочей поверхности на уровне 0,8 м от пола в точке М (Г-0,8), расположенной на расстоянии 1,2 м от стены, противоположной оконным проемам и лежащей в плоскости характерного разреза (рис. 7). Окна помещения частично затенены противостоящим зданием. Высота расположения карниза противостоящего здания над подоконником рассматриваемого окна $H_{зд} = 2$ м.

Помещение имеет длину $L_n = 9,0$ м, глубину $B = 6,0$ м, высоту $H = 3,3$ м, в наружной стене расположены окна, высота которых из конструктивных соображений принята $h_1 = 2,1$ м, подоконник на уровне 0,8 м от пола, остекление двойное, переплеты деревянные отдельные. Коэффициенты светоотражения: потолка $\rho_1 = 0,75$; стен $\rho_2 = 0,5$; пола $\rho_3 = 0,25$ (см. табл. 16).

Место строительства: г. Владимир.

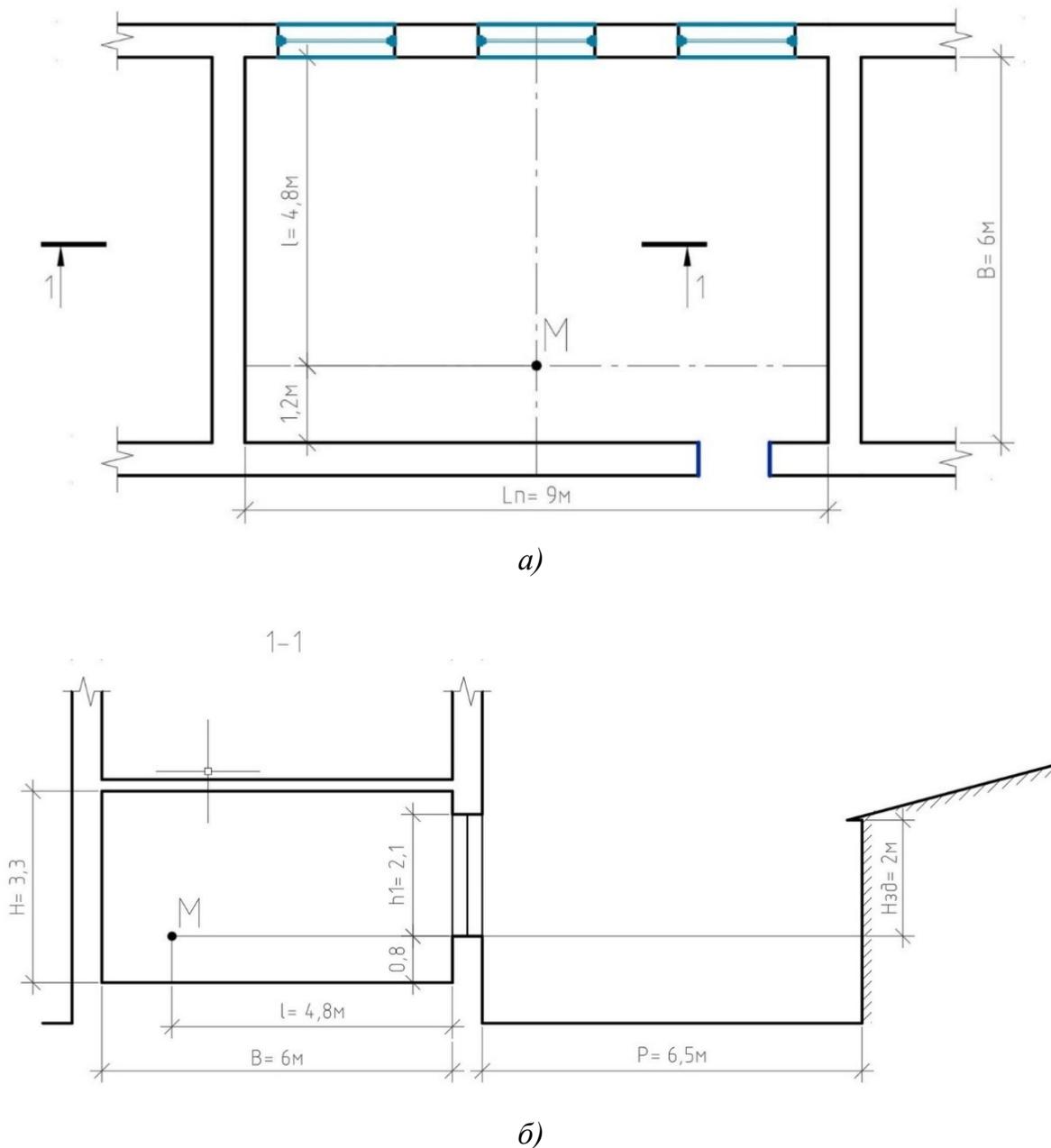


Рис. 7. Схема помещения: а – план; б – разрез

1. Определяем нормированное значение КЕО e_N по формуле

$$e_N = e_H \cdot m_N,$$

где e_H – значение КЕО (прил. К [2]). Для классных комнат общеобразовательных школ принимаем равным $e_H = 1,5$; m_N – коэффициент светового климата (табл. 4 [2]). Номер группы административного района для г. Владимира – 1 (прил. Е [2]). Для этой группы независимо от ориентации оконных проемов по сторонам света $m_N = 1$. Тогда

$$e_N = 1,5 \cdot 1 = 1,5.$$

2. Определяем общий коэффициент светопропускания оконного проема τ_o по формуле (6) тогда

$$\tau_o = \tau_1 \tau_2,$$

$$\tau_o = 0,8 \cdot 0,65 = 0,52.$$

Для двойного остекления $\tau_1 = 0,8$; для деревянных двойных раздельных переплетов $\tau_2 = 0,65$ (прил. 2).

3. Определяем средневзвешенный коэффициент светоотражения от внутренних поверхностей при площади потолков $S_{пт} = 54 \text{ м}^2$; стены $S_{ст} = 99 \text{ м}^2$; пола $S_{пол} = 54 \text{ м}^2$.

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_1 \cdot S_{пт} + \rho_2 \cdot S_{ст} + \rho_3 \cdot S_{пол}}{S_{пт} + S_{ст} + S_{пол}} = \frac{0,75 \cdot 54 + 0,5 \cdot 99 + 0,25 \cdot 54}{54 + 99 + 54} = 0,5.$$

4. Определяем значение коэффициента r_1 для точки М (см. табл. 15). При боковом одностороннем освещении и при $\rho_{cp} = 0,5$; $L_n / B = 9/6 = 1,5$; $B / h_1 = 6 / 2,1 = 2,8$.

В данном случае уровень рабочей поверхности и уровень подоконника совпадают, следовательно, $h = h_1$ – высоте окна; $l / B = 4,8 / 6,0 = 0,8$ (при этом учитывается интерполяция) $r_1 = 2,75$.

5. Определяем значение коэффициента $k_{зд}$ (см. табл. 14). При отношении $P / H_{зд} = 6,5 / 2 = 3,25$. Принимаем $k_{зд} = 1$.

6. Определяем значение световой характеристики η_o окна (см. табл. 13): при $L_n / B = 9 / 6 = 1,5$ и $B / h_1 = 6,0 / 2,1 = 2,8$. Принимаем $\eta_o = 14,7$.

7. Далее находим значение коэффициента k_3 . Коэффициент запаса $k_3 = 1 / MF$. MF – коэффициент эксплуатации – определяем по таблице 3 [2]. Для нашего случая принимаем $k_3 = 1 / 0,83 = 1,2$.

На основании полученных данных определяем общую площадь окон S_o по формуле (5). Тогда

$$100 \frac{S_o}{S_n} = \frac{e_N k_3 \eta_o}{\tau_o r_1} k_{зд} = \frac{1,5 \cdot 1,2 \cdot 14,7}{0,52 \cdot 2,75} = 18,5 \text{ \%}.$$

Следовательно,

$$S_o = \frac{54 \cdot 18,5}{100} = 9,99 \text{ м}^2.$$

Учитывая принятую высоту оконного проема 2,1 м, находим общую протяженность световых проемов и количество окон.

Протяженность оконных проемов составит $S_o / h_1 = 9,99 / 2,10 = 4,76$ м.

Можно принять два окна высотой 2,1 м и шириной 2,4 м. Из архитектурных соображений и обеспечения лучших условий освещенности принимаем три окна высотой 2,1 м и шириной 2,1 м. Межоконные простенки будут равны 0,9 м (рекомендуемые размеры окон приведены в прил. 2).

Тема 5. ИНСОЛЯЦИЯ В АРХИТЕКТУРЕ

5.1. Задачи инсоляции

Инсоляция – это облучение помещений, зданий или территорий прямыми солнечными лучами. Также под инсоляцией понимают совокупность светового, ультрафиолетового и теплового действий солнца. Естественное освещение обеспечивается как за счет инсоляции, так и за счет рассеянного света от небосвода, отраженного от фасадов зданий, поверхности земли и т. д. Влияние инсоляции может быть положительным или отрицательным в зависимости от интенсивности, продолжительности и времени действия солнца.

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

Положительное действие инсоляции определяется бактерицидным, биологическим, психологическим, эстетическим и экономическим аспектами.

В спектре ультрафиолетовой радиации содержатся излучения, оказывающие бактерицидное действие. При наличии инсоляции в помещении ускоряется процесс заживления раневых поверхностей, обмен веществ, уменьшаются сроки реабилитации при сердечно-сосудистой патологии, нервных заболеваниях, что активно используется в лечебных и лечебно-профилактических учреждениях.

Под действием этих же излучений в организме человека вырабатывается витамин D. Причем из всего количества витамина D, который

необходим организму, большая часть образуется в коже именно под действием ультрафиолета.

Тепловое воздействие на помещения через светопроемы и на ограждающие конструкции зданий в холодное время года позволяет уменьшить расходы на отопление. При наличии инсоляции повышаются производительность труда и работоспособность человека.

Инсоляция оказывает психологическое действие, влияя на динамику распределения яркостей и цветностей, обеспечивает связь с внешним пространством.

Инсоляция производит и эстетический эффект: она определяет характер тенеобразования при освещении зданий прямым солнечным светом. Зрение человека адаптировано к яркостным и цветовым контрастам, создаваемым солнцем в условиях конкретного климата: на севере предпочтительны мягкие и пастельные цветовые решения, на юге — резкие контрасты и насыщенные цвета. Эти контрасты неразрывно связаны с характером тенеобразования, который резко различается по геометрии и контрасту при переходе от севера к югу. Это определяет солнечный свет как архитектурную категорию, влияющую на выразительность пластического решения зданий.

Отрицательное действие инсоляции проявляется в перегреве, блескости и разрушающем действии.

Солнечные лучи, проникающие в помещение, отдают теплоту поверхностям пола, стен и оборудования, которые, в свою очередь, превращаются в источники излучения тепловой энергии. Это способствует перегреву (особенно в летний период), вызывая ухудшение самочувствия людей. Особенно характерно такое явление для крупных городов, где много асфальта и преобладает высокоэтажная и плотная застройка. Перегрев влечет за собой и повышение расходов на вентиляцию и кондиционирование воздуха.

Солнечные лучи, попадая на поверхности под углом меньше 27° , отражаясь, вызывают блескость, что приводит к утомлению зрения. При световом дискомфорте и перегреве снижаются активность и настроение человека. Физическое и химическое действие солнечных лучей оказывает вред в помещениях для хранения продуктов питания, в музеях, книгохранилищах и др.

Чрезмерная освещенность снижает восприятие формы и ощущение насыщенности цвета, способствует выцветанию поверхностей.

Поэтому продолжительность инсоляции определяется с учетом общеоздоровительного, психофизиологического, теплового, бактерицидного действия и рассчитывается на тот период года, когда она наиболее полезна человеку и эффективна по астрономическим и природно-климатическим условиям конкретного климатического пояса.

5.2. Расчеты продолжительности инсоляции

Нормы проектирования регламентируют минимальную продолжительность инсоляции помещений и территорий. Расчеты инсоляции – обязательный раздел в составе предпроектной и проектной документации.

Параметры, влияющие на продолжительность и качество инсоляции

Продолжительность инсоляции открытой территории для каждой местности определяется временем видимого движения солнца по небосводу. Траектория движения солнца и период суточной инсоляции для каждой географической широты и каждого времени года различны: в северных широтах траектория более пологая и протяженная, в южных – более крутая и короткая.

Днями, характеризующими инсоляцию для разных периодов года, считают дни летнего и зимнего солнцестояния (22 июня и 22 декабря соответственно), весеннего и осеннего равноденствия (22 марта и 22 сентября соответственно). В дни равноденствия продолжительность инсоляции открытой территории равна 12 ч.

В ранние утренние и поздние вечерние часы солнечные лучи пересекают больший слой атмосферы, и их оздоровительное действие слабеет. Поэтому обычно в инсоляционных расчетах не учитывают первый и последний часы на восходе и закате для районов южнее 58° с. ш. Для территорий севернее 58° с. ш. не учитывают первые и последние 1,5 ч.

Продолжительность суточной инсоляции часто определяют с помощью солнечных карт, построенных для различных широт (графики Б. А. Дунаева). На них нанесены кольцевые координаты, отображающие возвышение солнца, и радиальные, характеризующие азимуты

солнца. На картах построены траектории движения солнца для характерных периодов года, разделенные на часы суток. Кроме графиков Дунаева часто используют инсоляционный график (линейку), светопланомер Д. С. Масленникова и др.

5.3. Расчет и проектирование средств защиты от солнца

Вредные последствия инсоляции и их предотвращение

Инсоляции часто сопутствуют перегрев помещений вследствие избытка тепловой радиации и утомляющее действие солнечных лучей из-за блёскости ограждающих конструкций и оборудования. Поэтому в ряде случаев инсоляция не допускается (библиотеки, горячие цеха, помещения для приготовления и хранения пищи) или должна быть ограничена.

Важнейшие средства борьбы с избыточной инсоляцией:

- уменьшение площади светопроемов;
- объемно-планировочные решения зданий;
- средства озеленения (для одно-, двухэтажных зданий);
- правильная ориентация зданий по сторонам света;
- применение вентилируемых ограждающих конструкций (от перегрева);
- применение солнцезащитных устройств.

Основные требования к солнцезащитным приспособлениям:

- ограничение инсоляции помещения в заданные часы в определенный период года;
- максимум светоотражения и светорассеивания;
- минимальная теплоемкость;
- обеспечение циркуляции воздуха по горизонтали и вертикали параллельно плоскости стены.

Солнцезащитные устройства – конструктивные средства защиты зданий и сооружений от неблагоприятного действия инсоляции. Солнцезащитные устройства обычно применяют в сочетании с архитектурно-планировочными средствами солнцезащиты: рациональной ориентацией зданий (оконных проемов и фонарей) относительно сторон горизонта, малыми архитектурными формами, светлой окраской ограждающих конструкций.

Защите помещений от теплового действия солнечных лучей способствуют теплопоглощающие конструкции стен и покрытий, слой воды на плоских кровлях, а также их опрыскивание, заполнение светопроемов стеклянными блоками, окраска внутренних поверхностей помещений и солнцезащитных устройств (в южных районах) в холодные тона для создания благоприятного психофизиологического восприятия внутреннего пространства.

Постоянные солнцезащитные устройства: горизонтальные козырьки и вертикальные экраны (сплошные и решетчатые); сотообразные устройства, пространственные решетки; теплопоглощающие и светорассеивающие стекла и стеклопластики.

Регулируемые солнцезащитные устройства: поворачивающиеся подъемные и раздвижные козырьки, жалюзи, маркизы, шторы; открывающиеся фрамуги из солнцезащитных стекол.

Горизонтальные регулируемые устройства также защищают здания от дождя, пыли и прочих осадков. Повышению эффективности солнцезащиты способствует выбор для ограждающих конструкций и самих солнцезащитных устройств материалов, отражающих лучистое тепло (например, алюминий) или имеющих низкий коэффициент теплоусвоения (дерево, пластмассы, асбоцемент и др.) и быстро отдающих солнечную тепловую энергию.

Наибольшей эффективностью обладают наружные солнцезащитные устройства. Они должны способствовать проветриванию помещений; иметь светлую окраску и легкое конструктивное решение, изолированное от основной конструкции здания, улучшать распределение света и не снижать уровень освещения помещений до установленных нормой пределов, защищать светопроемы от косых дождей, не препятствовать обзору из помещения и доступу в него необходимого количества солнечных лучей в зависимости от назначения помещения и района строительства. Материалы для солнцезащитных устройств должны быть стойкими к большим колебаниям суточных температур в условиях сухого жаркого климата.

Выбор рациональных видов солнцезащитных устройств, их размеров, частоты расположения, углов наклона производят путем расчета, а также при помощи специальных графиков и приборов. Рациональное применение различных видов солнцезащитных устройств зависит от ориентации фасада и климатических условий местности.

Наиболее эффективное средство защиты от теплового и дискомфортного светового действия инсоляции – наружные регулируемые горизонтальные жалюзи, которые можно применять при любой ориентации здания.

В настоящее время существует огромное разнообразие солнцезащитных устройств, различающихся по месту установки (наружные, межстекольные, внутренние), ориентации (вертикальные, горизонтальные, наклонные), способам управления (нерегулируемые, с ручным или механическим управлением, автоматическим слежением за движением солнца), материалам изготовления (алюминий, дерево, пластик, стекло, полимерные пленки) и другим функциональным показателям.

Архитекторы используют возможности солнцезащитных устройств не только для обеспечения комфортных условий в помещениях, но и для придания зданиям дополнительной архитектурной выразительности.

Солнцезащитные устройства существенно влияют на общую освещенность: при солнечной погоде светорассеивание поверхностями может значительно повышать КЕО, а при пасмурной – существенно снижать его. Это влияние следует учитывать при расчете освещенности помещений.

5.4. Экономический эффект нормирования инсоляции

Нормирование инсоляции помещений. Продолжительность инсоляции регламентируется: в жилых зданиях; детских дошкольных учреждениях; учебных учреждениях: общеобразовательных, начального, среднего, дополнительного и профессионального образования, школах-интернатах, детских домах и т. п.; лечебно-профилактических, санаторно-оздоровительных и курортных учреждениях; учреждениях социального обеспечения (домах-интернатах для инвалидов и престарелых, хосписах и т. п.).

Нормируемая продолжительность непрерывной инсоляции для помещений жилых и общественных зданий устанавливается дифференцированно в зависимости от типа квартир, функционального назначения помещений, планировочных зон города, географической широты для зон:

северной (севернее 58° с. ш.) – не менее 2,5 ч в день с 22 апреля по 22 августа;

центральной (58° с. ш. – 48° с. ш.) – не менее 2 ч в день с 22 апреля по 22 августа;

южной (южнее 48° с. ш.) – не менее 1,5 ч в день с 22 февраля по 22 октября.

Жилые здания. Нормативная продолжительность инсоляции должна быть обеспечена: в одно-, двух- и трехкомнатных квартирах – не менее чем в одной комнате; в четырехкомнатных и более – не менее чем в двух комнатах; в общежитиях – не менее чем в 60 % жилых комнат.

Допускается прерывистость инсоляции, но при этом продолжительность одного из периодов должна составлять не менее 1 ч, а общая продолжительность должна превышать нормативную на 0,5 ч.

Общественные здания. Нормируемая продолжительность инсоляции устанавливается в основных функциональных помещениях общественных зданий:

- в детских дошкольных учреждениях – групповые, игровые, изоляторы и палаты;
- учебных зданиях – классы и учебные кабинеты;
- лечебно-профилактических учреждениях – палаты (не менее 60 процентов от общей численности);
- учреждениях социального обеспечения – палаты, изоляторы.

В зданиях комбинированного назначения (детских домах, домах ребенка, школах-интернатах, лесных школах, школах-санаториях и т. п.) инсоляция нормируется в помещениях функционального назначения аналогичного перечисленным выше.

Инсоляция не требуется в патологоанатомических отделениях; операционных, реанимационных залах больниц, вивариев, ветлечебниц; химических лабораториях; выставочных залах музеев; книгохранилищах и архивах. Допускается отсутствие инсоляции в учебных кабинетах информатики, физики, химии, рисования и черчения.

На территориях детских игровых площадок, спортивных площадок жилых домов; групповых площадок дошкольных учреждений; спортивной зоны, зоны отдыха общеобразовательных школ и школ-интернатов; зоны отдыха ЛПУ стационарного типа продолжительность

инсоляции должна составлять не менее 3 ч на 50 % площади участка независимо от географической широты.

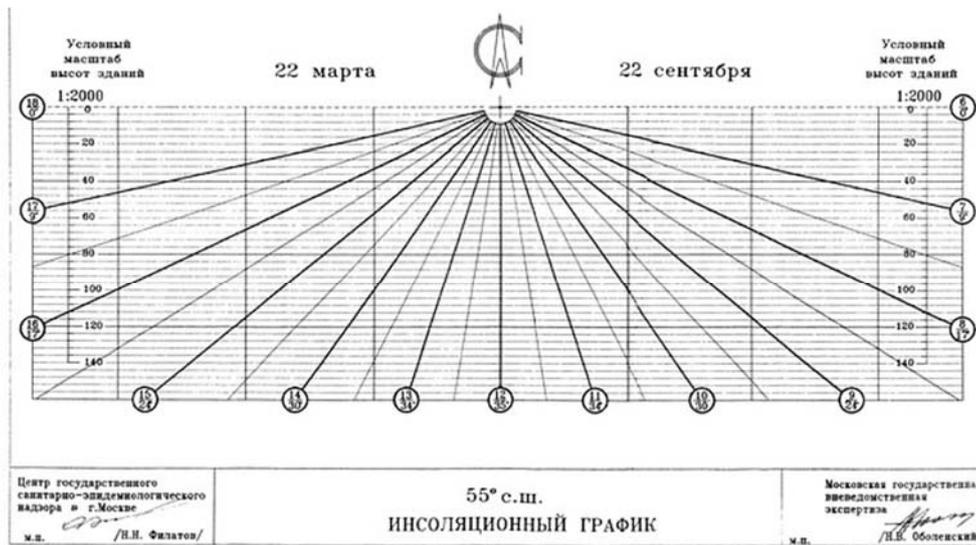
Нормирование инсоляции застройки приводит к повышению ее плотности на 8 – 10 %, экономии городских территорий и более широкому применению экономичных домов меридионального типа. Преимущество меридиональных жилых зданий с широким корпусом перед широтными зданиями с узким корпусом заключается в сокращении их общей протяженности, что позволяет при одинаковой длине зданий уменьшить их число.

5.5. Расчет продолжительности инсоляции

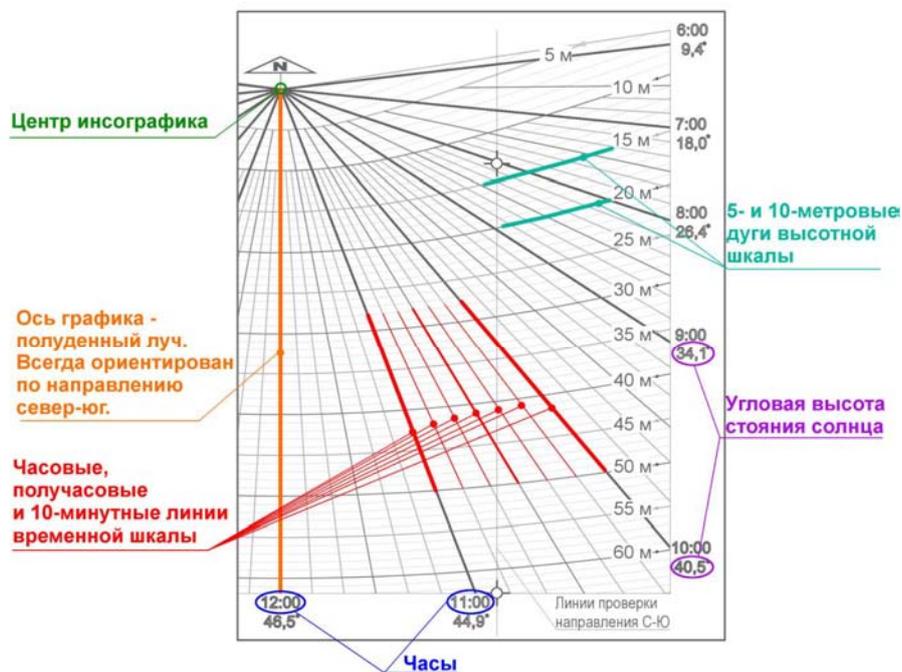
Расчеты инсоляции можно выполнять с помощью программных средств, 3D-моделирования или вручную. В любом случае независимо от использованного инструмента результаты расчета инсоляции должны совпадать с результатами ручного расчета по инсографику (рис. 8), который остается «золотым стандартом». Методика расчета по инсографику позволяет выполнять расчеты с достаточной для большинства случаев точностью и может быть использована как в классическом, «ручном» варианте (пленочная инсоляционная линейка на распечатанном генплане), так и в «комбинированном», при котором инсоляционная линейка совмещается с генпланом не на столе, а на экране монитора, при этом комбинированный метод допускает любые сочетания векторных и растровых форматов инсоляционной линейки и генплана.

Инсографик, или *инсоляционная линейка* (далее – ИЛ), – проекция модели видимой траектории движения солнца на горизонтальную плоскость, т. е. двухмерная интерпретация трехмерной модели движения солнца относительно расчетной точки (условного наблюдателя). На ИЛ нанесены временная и высотная шкалы. Временная шкала представлена радиальными линиями, соответствующими азимутальным углам положения солнца в течение дня в определенный момент времени. Радиальные временные линии в зависимости от точности графика могут быть проведены через 10, 15 или 30 мин. Линии, соответствующие часовым интервалам, имеют на периферии графика отметки – времени (час суток) и угловой высоты стояния солнца. Точка схода линий временной шкалы образует центр графика. Высотная шкала представлена

дугами с шагом 1, 5 или 10 м, пересекающими линии временной шкалы. Дуги высотной шкалы показывают высоту объекта, конец тени от которого в соответствующий момент времени будет попадать в центр графика. Центр графика соответствует нулевой отметке высотной шкалы.



а)



б)

Рис. 8. Инсоляционный график для расчета продолжительности инсоляции: а – общий вид графика; б – элементы инсографика

ИЛ предназначена для использования совместно с горизонтальными проекциями проектируемых объектов (планы этажей, генплан). При совмещении с чертежами ИЛ всегда ориентируется единственным образом: полуденный луч (направление от центра графика на 12:00) строго по направлению север – юг. Перемещая ИЛ по генплану, ее никогда не поворачивают.

5.6. Последовательность определения продолжительности инсоляции

Последовательность определения продолжительности инсоляции следующая:

- на плане и в вертикальном разрезе помещения определяют горизонтальные и вертикальные инсоляционные углы светопроема и расчетную точку «В» помещения (рис. 9);
- на генплане участка застройки определяют положение расчетной точки помещения (рис. 10);
- центральную точку «О» инсоляционного графика совмещают с расчетной точкой «В» помещения;
- инсоляционный график ориентируют по сторонам горизонта;
- отмечают расчетную высоту противостоящего здания по условному масштабу высот зданий на инсоляционном графике;
- по инсоляционному графику определяют продолжительность инсоляции помещения в пределах горизонтальных и вертикальных инсоляционных углов светового проема. При этом продолжительность суммарной инсоляции равна сумме часов по графику в пределах углов ABF и EBD.

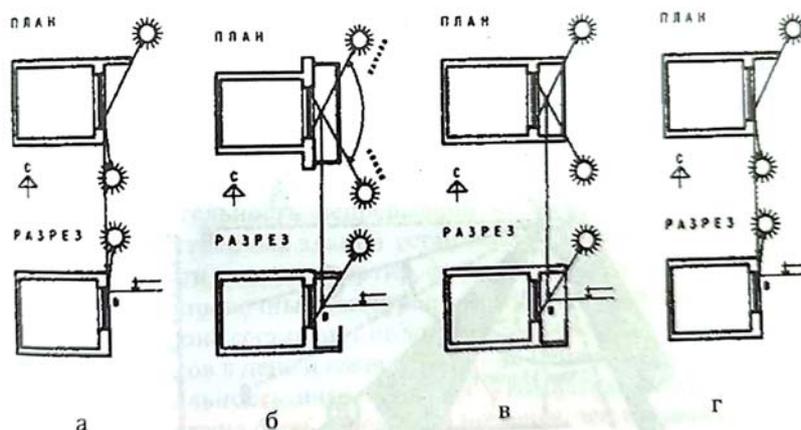


Рис. 9. Схема определения для расчетной точки:
 а – окна; б – окна с балконом; в – окна с лоджией;
 г – окна с примыкающей стороной

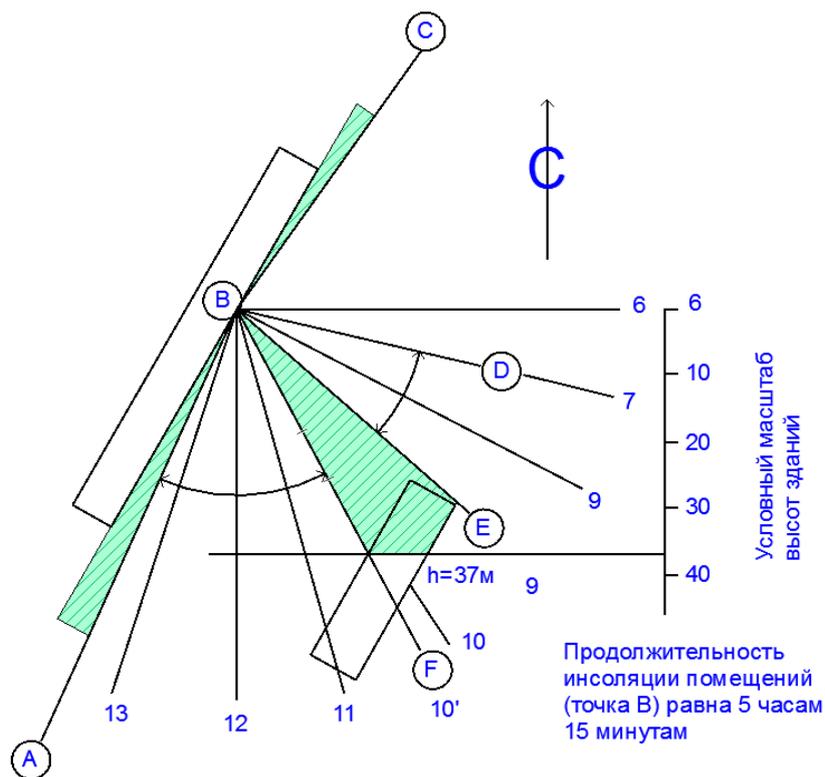


Рис. 10. Схема определения инсоляции

Тема 6. ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

6.1. Источники искусственного света

Назначение искусственного освещения – создание благоприятных условий видимости, сохранение хорошего самочувствия человека и снижение утомляемости глаз. При искусственном освещении все предметы выглядят иначе, чем при дневном свете. Это происходит потому, что изменяются положение, спектральный состав и интенсивность источников излучения.

Искусственное освещение предусматривается в помещениях, в которых недостаточно естественного света, или в часы суток, когда естественная освещенность отсутствует.

Виды искусственного освещения

Искусственное освещение может быть **общим** (все помещения освещаются однотипными светильниками, равномерно расположенными над освещаемой поверхностью и снабженными лампами одина-

ковой мощности) и *комбинированным* (к общему освещению добавляется местное освещение рабочих мест светильниками, находящимися у аппарата, станка, приборов и т. д.). Использование только местного освещения недопустимо, так как резкий контраст между ярко освещенными и неосвещенными участками утомляет глаза, замедляет процесс работы и может послужить причиной несчастных случаев и аварий.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяют на рабочее, дежурное и аварийное (подробнее см. в [2]).

Для искусственного освещения применяют электрические лампы двух типов – лампы накаливания и газоразрядные лампы.

Лампы накаливания (ЛН) относят к источникам света теплового излучения. Видимое излучение (свет) в них получается в результате нагрева электрическим током вольфрамовой нити.

ЛН наиболее широко распространены в быту из-за своей простоты, надежности и удобства эксплуатации; конечно, их применяют и на производстве, в организациях и учреждениях, но в значительно меньшей степени. Это связано с их существенными недостатками: низкой светоотдачей – от 7 до 20 лм/Вт (светоотдача лампы – это отношение светового потока лампы к ее электрической мощности); небольшим сроком службы – до 2500 ч; преобладанием в спектре желтых и красных лучей, что сильно отличает спектральный состав искусственного света от солнечного.

Газоразрядные лампы (ГЛ) получили наибольшее распространение на производстве, в организациях и учреждениях прежде всего из-за значительно большей светоотдачи (40 – 110 лм/Вт) и срока службы (8000 – 12 000 ч). Из-за этого ГЛ в основном применяют для освещения улиц, иллюминации, световой рекламы. Подбирая сочетание инертных газов, паров металлов, заполняющих колбы ламп, можно получить свет практически любого спектрального диапазона: красный, зеленый, желтый и т. д. В помещениях наибольшее распространение получили люминесцентные лампы дневного света, колба которых заполнена парами ртути. Свет, излучаемый такими лампами, близок по своему спектру к солнечному свету.

6.2. Осветительные приборы

Светильник – осветительный прибор, перераспределяющий свет ламп(ы) внутри больших телесных углов и обеспечивающий угловую концентрацию светового потока. Основная задача светильника – рассеивание света и освещение зданий, их внутренних помещений, прилегающих к зданиям территорий и улиц. Светильники также могут выполнять декоративную функцию и функцию сигнализации.

Осветительный прибор – это лампа вместе с арматурой, предназначенной:

- для направления светового потока на рабочие поверхности;
- защиты глаз работающих от слепящего действия источника света;
- защиты лампы от механических повреждений, загрязнений, а также от опасной в отношении взрыва или пожара среды помещения.

6.3. Расчеты искусственного освещения

Общие принципы расчета. Расчет искусственного освещения проводят в определенной последовательности. Прежде всего выбирают тип источника света, систему освещения и определяют норму освещенности. Затем, отдав предпочтение конкретному типу светильников и способу освещения, размещают их в помещении и рассчитывают освещенность в интересующих точках. После этого уточняют размещение и количество светильников, определяют единичную мощность ламп.

При выборе источников света руководствуются следующими соображениями. В помещениях с высокими требованиями к качеству цветопередачи, температурой воздуха выше 10 °С и отсутствием опасности травматизма отдают предпочтение экономичным газоразрядным лампам. Люминесцентное освещение следует применять в помещениях при недостатке или отсутствии естественного света и при выполнении точных работ.

Определяя систему освещения, учитывают бóльшую экономичность системы комбинированного освещения и бóльшее соответствие гигиеническим требованиям системы общего освещения, так как последняя позволяет равномернее распределить световой поток и яркость в поле зрения. В случае выбора системы общего освещения принимают

во внимание, что локализованное освещение позволяет добиться высоких уровней освещенности на отдельных участках работ без повышения экономических затрат. Локализованному освещению отдают предпочтение также в случае неравномерного размещения оборудования по площади помещения.

Тип светильника определяют по технологическим условиям с учетом требований к распределению яркости в поле зрения работающих. Выбор конструктивного исполнения светильников зависит от состояния воздушной среды в данном помещении (наличия пыли, влаги, пожаро- или взрывоопасных веществ).

Расположение светильников в помещении при системе общего освещения зависит от высоты их подвеса над освещаемой плоскостью. Соблюдая оптимальное отношение расстояния между светильниками к высоте их подвеса h , достигают необходимой равномерности освещения рабочих поверхностей.

Необходимо также выбрать расстояние между светильниками и стеной. Светильники с люминесцентными лампами в помещении обычно располагают рядами. Расстояние между рядами принимают равным $(1,2 - 1,5) / h$ в зависимости от типа светильников.

Расчет искусственного освещения в помещениях можно производить следующими четырьмя методами: точечным, ватт (по таблицам удельной мощности), графическим и методом коэффициента использования светового потока

Расчет методом удельной мощности. Данный метод применяют для ориентировочных или проверочных расчетов освещенности в помещениях при равномерном расположении в них светильников. Значения удельной мощности P_y зависят от многих переменных, но для случаев оптимального расположения светильников известного типа, заданной освещенности и высоты подвеса они известны. Их можно найти в справочной литературе.

В этом случае мощность одной лампы P_l , Вт, рассчитывают по формуле

$$P_l = \frac{P_y S_{\text{п}}}{N_l},$$

где P_y – удельная мощность светильников, необходимая для освещения помещений, Вт/м²; $S_{\text{п}}$ – площадь пола, м²; N_l – число ламп.

Полученный результат округляют до ближайшего большего значения стандартной мощности лампы. Удельная мощность зависит от величины нормативной освещенности, площади и высоты помещения, типа и размещения светильника и коэффициента запаса. Значения удельной мощности приводятся в таблицах и могут изменяться в больших пределах, например, при освещенности до 200 лк – от 8 до 28 Вт/м².

Расчет методом светового потока. Этот метод позволяет определить световой поток ламп при заданной освещенности рабочей поверхности: при общем освещении с равномерным расположением светильников с учетом отраженного стенами и потолком света. Метод светового потока непригоден в следующих случаях: при расчете направленного сконцентрированного светового потока; для локализованного, местного и наружного освещения; при негоризонтальности рабочих поверхностей.

По найденному значению $\Phi_{л}$ (световой поток) выбирают стандартную лампу, округляя полученное расчетное значение светового потока в большую сторону. Затем определяют электрическую мощность осветительной установки и действительную освещенность

$$\Phi_{л} = \frac{ESk_3}{U_{0y}N},$$

где E – освещенность, лк; S – площадь освещаемой поверхности, м²; k_3 – коэффициент запаса; U_{0y} – коэффициент использования осветительной установки; N – число ламп.

Расчет точечным методом. Этим методом определяют световой поток ламп, необходимый для создания заданной освещенности при любом расположении освещаемой поверхности и светильников в случаях, когда отраженный свет несущественен. Точечный метод применим для расчета как внутреннего, так и наружного освещения. **Точечный источник** – это источник, размерами которого можно пренебречь по сравнению с расстоянием до него и который излучает поток, равномерный по всем направлениям.

Точечным методом можно определить освещение наклонных плоскостей, а также проверить расчет равномерного общего освещения (без учета отраженного светового потока).

Расчет графическим методом проф. А. А. Труханова дает наибольшую точность при расчете осветительных установок с направленным светом. Расчет по этому методу ведут по *номограммам*.

Метод коэффициента использования светового потока наиболее применим для расчета общего равномерного освещения помещений в условиях эксплуатации промышленных предприятий. При расчете этим методом учитывают как прямой свет от светильника, так и свет, отраженный от стен и потолка.

Алгоритм расчета освещенности методом коэффициентов использования

Исходные данные

1. Определяем параметры помещения:
 - длину – a (м), ширину – b (м), высоту – h (м);
 - коэффициенты отражения потолка, стен и пола;
 - расчетную высоту (расстояние между светильником и рабочей поверхностью);
 - тип лампы;
 - требуемый уровень освещенности.
2. Находим вспомогательные материалы:
 - таблицы коэффициентов использования (прил. 3);
 - таблица коэффициентов отражения (табл. ПЗ.1);
 - таблица рекомендуемых уровней освещенности;
 - таблица начального светового потока люминесцентных ламп.

Расчетные формулы

Определение площади помещения

$$S = a b. \quad (7)$$

Определение индекса помещения

$$i = \frac{S}{(h - h_1)(a + b)}, \quad (8)$$

где h – высота в помещении от пола до светильника; h_1 – уровень рабочей поверхности.

Определение требуемого количества светильников N

$$N = \frac{100ESk_3}{U_{oy} n \Phi_{л}}, \quad (9)$$

где E – требуемая освещенность горизонтальной плоскости, лк; S – площадь помещения, m^2 ; k_3 – коэффициент запаса; U_{oy} – коэффициент использования осветительной установки; n – число ламп в светильнике; $\Phi_{л}$ – световой поток одной лампы, лм.

6.4. Пример расчета искусственного освещения

Исходные данные

Офис: подвесные потолки «Байкал», светло-зеленые обои, серый ковролин.

Помещение: $a = 6$ м, $b = 5$ м, $h = 3,5$ м, $h_1 = 0,8$ м (рис. 11).

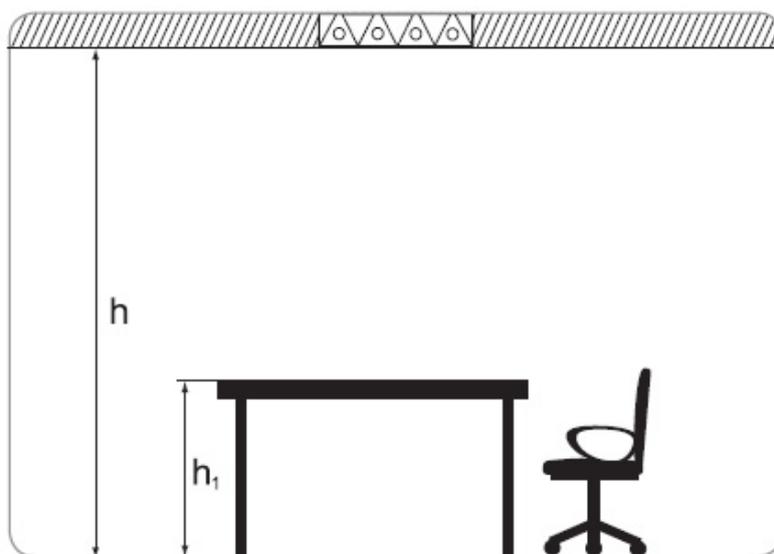


Рис. 11. Офисное помещение

Светильник: TLC418.

Лампы: люминесцентные 18 Вт, в одном светильнике четыре лампы

$\Phi_{л} = 1150$ лм.

Нормы освещенности: $E = 300$ лк на уровне 0,8 м от пола (на рабочей поверхности).

Коэффициент запаса: $k_3 = 1,4$.

Коэффициенты отражения: потолок – 80, стен – 30, пола – 10.

Расчет

1. Определяем площадь помещения, используя формулу (7),
 $S = a b = 6 \cdot 5 = 30 \text{ м}^2$.

2. Определяем индекс помещения, используя формулу (8),

$$i = \frac{S}{(h - h_1)(a + b)} = \frac{30}{(3,5 - 0,8)(6 + 5)} = 1,01.$$

3. Определяем коэффициент использования, исходя из значений коэффициентов отражения и индекса помещения (табл. 17) $U = 48$.

Таблица 17

Коэффициенты использования светильников

TLC418								
Потолок	80	80	80	70	50	50	30	0
Стены	80	50	30	50	50	30	30	0
Пол	30	30	10	20	10	10	10	0
$i = 0,6$	59	42	35	41	39	35	35	31
$i = 0,8$	66	50	43	48	46	42	41	37
$i = 1$	71	56	48	54	51	47	46	42
$i = 1,25$	77	63	54	60	56	53	52	49
$i = 1,5$	80	68	58	63	60	57	56	52
$i = 2$	83	73	62	68	63	61	60	57
$i = 2,5$	86	77	65	71	66	64	63	60
$i = 3$	88	80	68	74	68	67	66	63
$i = 4$	89	83	70	76	70	68	67	64
$i = 5$	91	86	72	78	71	70	69	66

4. Определяем требуемое количество светильников N , используя формулу (9),

$$N = \frac{100ESk_3}{U_{oy}n\Phi_{л}} = \frac{100 \cdot 300 \cdot 30 \cdot 1,4}{48 \cdot 4 \cdot 1150} = 5,7.$$

Округляем полученное значение до целого числа в большую сторону

$$N = 5,7 \sim 6 \text{ светильников.}$$

Вывод: выполнен расчет искусственного освещения офиса. Определено, что при заданных габаритах помещения (офиса) потребуется установить шесть светильников типа TLC418.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое освещенность?
2. Что такое инсоляция?
3. В чем измеряют инсоляцию?
4. Допускается ли прерывистость инсоляции и как это учитывается в расчете?
5. В чем заключается положительное действие инсоляции?
6. В чем состоит отрицательное действие инсоляции?
7. Перечислите средства защиты от гиперинсоляции.
8. Что не учитывают в расчете продолжительности инсоляции?
9. Что такое КЕО?
10. Что называют объектом различения?
11. Для чего в расчете естественного освещения используют коэффициент светового климата?
12. Что такое рабочая плоскость (в светотехнических расчетах)?
13. Как определяют местоположение расчетной точки (в светотехнических расчетах)?
14. В каких единицах измеряется освещенность?
15. Что влияет на уровень естественной освещенности помещения?
16. Какова цель приближенного метода расчета естественного освещения помещения?
17. Что учитывает коэффициент запаса?
18. Что такое средневзвешенный коэффициент светоотражения?
19. Каково назначение искусственного освещения?
20. Назовите наиболее распространенные источники искусственного света.
21. Как разделяют светильники по месту установки?
22. Как разделяют светильники по условиям эксплуатации?
23. Как определяют коэффициент использования осветительной установки?
24. В каких единицах измеряют мощность светильников?
25. Перечислите основные методы расчета искусственного освещения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Строительная физика – это фундамент, на котором базируются важнейшие положения основных строительных документов: своды правил, регламентирующих комфортность, плотность и экономичность постройки.

При проектировании городов и зданий учитывают климатические и геофизические особенности тех мест, где производится строительство: определяют наименее выгодные температуры воздуха и расчетные амплитуды колебаний температуры места строительства (суточные, годовые и др.), скорость ветра, относительную и абсолютную влажность воздуха, солнечную радиацию, количество и характер осадков и другие данные. На основании указанных климатических данных должны быть определены условия движения воздуха вблизи зданий и сооружений в зависимости от рельефа местности, ориентации зданий и их формы. Аналогично решают задачу о перемещении воздуха внутри помещений и интенсивности возникающей при этом естественной конвекции тепла, что и определяет (при наличии заданных источников тепла и воздуха) общий характер внутреннего микроклимата. От всех вышеперечисленных факторов зависит жизнедеятельность человека. Все архитектурные и градостроительные шедевры создавались с учетом этих правил.

Таким образом, значение строительной физики как науки для современного специалиста особенно велико при широком распространении в строительстве разнообразных материалов и конструкций ограждений.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. – Введ. 2013-07-01. – М. : Минрегион России, 2012. – 96 с.
2. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение жилых и общественных зданий. – Введ. 2011-05-20. – М. : Минрегион России. – 2011. – 70 с.
3. СП 131.1330.2020. Строительная климатология. – Введ. 2021-06-25. – М. : Минрегион России, 2020. – 146 с.
4. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. – Введ. 2004-06-01. – М. : Госстрой России, 2004. – 140 с.
5. СП 367.1325800.2017. Здания жилые и общественные. Правила проектирования естественного и совмещенного освещения. Введ. 2018-06-06. – М. : Стандартинформ, 2018. – 74 с.
6. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Введ. 2013-01-01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 12 с.
7. ГОСТ Р 54851-2011. Конструкции строительные ограждающие неоднородные. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче. – Введ. 2012-05-01. – М. : Стандартинформ, 2012. – 24 с.
8. СанПиН 2.2.1/1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – Введ. 2003-06-15. – М. : Информ.-изд. центр Госкомсанэпиднадзора России, 2003. – 26 с.
9. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01. Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий. – Введ. 2002-02-02. – М. : Федер. центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. – 15 с.
10. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика : учеб. для вузов / В. Н. Богословский. – 2-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2006. – 400 с. – ISBN 5-902146-10-0.
11. Беляев, В. С. Энергоэффективность и теплозащита зданий / В. С. Беляев, Ю. Г. Граник, Ю. А. Матросов. – М. : Изд-во АСВ, 2016. – 400 с. – ISBN 978-5-93093-838-8.

12. Гучкин, И. С. Техническая эксплуатация и реконструкция зданий / И. С. Гучкин. – М. : Изд-во АСВ, 2016. – 344 с. – ISBN 978-5-93093-631-5.

13. Архитектурная физика / В. К. Лицкевич [и др.]. – М. : Архитектура-С, 2007. – 442 с. – ISBN 978-5-9647-0034-0.

14. Самарин, О. Д. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность : монография / О. Д. Самарин. – М. : Изд-во АСВ, 2014. – 296 с. – ISBN 978-5-93093-665-0.

15. Поповский, Ю. Б. Расчеты инсоляции в жилых помещениях с применением инсографика для 55° с. ш. : учеб.-метод. пособие / Ю. Б. Поповский. – М. : МАрхИ, 2018. – 21 с.

16. Соловьев, А. К. Физика среды : учебник / А. К. Соловьев – М. : Изд-во АСВ, 2015. – 352 с. – ISBN 9785930936292.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Справочные материалы для теплотехнического расчета ограждающих конструкций

Таблица П1.1

Оптимальная температура и допустимая относительная влажность воздуха внутри здания для холодного времени года

Тип здания	Температура воздуха внутри здания t_{int} , °С (для расчетов брать минимальное значение)	Относительная влажность внутри здания φ_{int} , % (не более)
Жилые	20 – 22	55
Поликлиники и лечебные учреждения	21– 22	55
Дошкольные учреждения	22 – 23	55

Таблица П1.2

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты a и b	Градусо-сутки отопительного периода D_d , °С · сут	Нормируемое значение сопротивления теплопередаче стен R_{req} , (м ² · °С)/Вт
Жилые, лечебно- профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1
	4000	2,8
	6000	3,5
	8000	4,2
	10 000	4,9
	12 0000	5,6
a	–	0,00035
b	–	1,4

Таблица П1.3

**Коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности
ограждающей конструкции**

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{int}, (\alpha_{в,})$ Вт/(м ² · °С)
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию a между гранями соседних ребер $h / a \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими ребрами при отношении $h / a > 0,3$	7,6
3. Окон	8,0
4. Зенитных фонарей	9,9

Таблица П1.4

**Коэффициенты теплоотдачи наружной поверхности
ограждающей конструкции**

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи $\alpha_{ext}, (\alpha_{н,})$ Вт/(м ² · °С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и холодными (без ограждающих стенок) подпольями в северной строительно-климатической зоне	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом, над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в северной строительно-климатической зоне	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами и техническими подпольями, не вентилируемых наружным воздухом	6

Таблица П1.5

Теплотехнические показатели некоторых строительных материалов при условиях эксплуатации по А и Б

Наименование материала	ρ_0 , кг/м ³	λ , Вт/(м·°С)	
		А	Б
1. Бетоны и растворы			
Железобетон	2500	1,92	2,04
Пемзобетон	1000	0,30	0,34
Бетон на вулканическом шлаке	1000	0,29	0,35
Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитобетон	1000	0,33	0,41
Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	1000	0,41	0,47
Керамзитобетон на перлитовом песке	1000	0,35	0,41
Шунгизитобетон	1000	0,33	0,38
Перлитобетон	800	0,27	0,33
Шлакопемзогазобетон	1000	0,25	0,41
Газо- и пенобетон, газо- и пеносиликат	600	0,22	0,26
Газо- и пенозолобетон	600	0,22	0,26
Цементно-песчаный раствор	800	0,35	0,41
Известково-песчаный раствор	1800	0,76	0,93
Гипсоперлитовый раствор	1600	0,70	0,81
Листы гипсовые обшивочные / сухая штукатурка	600 / 800	0,19/ 0,19	0,23 / 0,21
2. Кирпичная кладка и облицовка природным камнем			
Кирпичная кладка из кирпича: – глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе	1800	0,70	0,81
– глиняного обыкновенного на цементно-перлитовом растворе	1600	0,58	0,70

Окончание табл. П1.5

Наименование материала	ρ_0 , кг/м ³	λ , Вт/(м·°С)	
		А	Б
– силикатного на цементно-песчаном растворе	1800	0,76	0,87
– шлакового на цементно-песчаном растворе	1500	0,64	0,70
– керамического пустотного на цементно- песчаном растворе	1600	0,58	0,64
3. Теплоизоляционные материалы			
Маты минераловатные прошивные на синтетиче- ском связующем	125	0,064	0,070
Плиты минераловатные повышенной жесткости на органофосфатном связующем	150	0,068	0,730
Плиты полужесткие минераловатные на крахмальном связующем	200	0,070	0,076
Плиты из стеклянного и штапельного волокна на синтетическом связующем	125	0,060	0,064
Пенополистирол	45	0,060	0,064
Пенополиуретан	40	0,041	0,050
Плиты из резольно- фенолформальдегидного пенопласта	80	0,050	0,050

Приложение 2

Справочные материалы для расчета естественного освещения

Таблица П2.1

Значения коэффициента пропускания наиболее распространенных стеклопакетов τ_1

Вид светопропускающего материала	τ_1
Стекло оконное листовое:	
а) одинарное;	0,90
б) двойное;	0,80
в) тройное	0,75
Стекло витринное толщиной 6 – 8 мм	0,80
Стекло листовое армированное	0,60
Стекло листовое узорчатое	0,65
Стекло листовое со специальными свойствами:	
а) солнцезащитное;	0,65
б) контрастное	0,75
Пустотелые стеклянные блоки:	
а) светорассеивающие;	0,50
б) светопрозрачные	0,55
Стеклопакеты	0,80

Таблица П2.2

Значения коэффициента τ_2

Вид перекрытия	τ_2
Переплеты для окон и фонарей промышленных зданий:	
а) деревянные:	
– одинарные;	0,75
– спаренные;	0,70
– двойные отдельные;	0,60
б) стальные:	
– одинарные открывающиеся;	0,75
– одинарные глухие;	0,90
– двойные открывающиеся;	0,60
– двойные глухие	0,80

Вид перекрытия	τ_2
Переплеты для окон жилых, общественных и вспомогательных зданий:	
а) деревянные:	
– одинарные;	0,80
– спаренные;	0,75
– двойные отдельные	0,65
– с тройным остеклением;	0,50
б) металлические:	
– одинарные;	0,90
– спаренные;	0,85
– двойные отдельные;	0,80
– с тройным остеклением	0,70
Стекложелезобетонные панели с пустотелыми стеклянными блоками при толщине шва:	
– 20 мм и менее;	0,90
– более 20 мм	0,85

Примечания:

1) значения коэффициентов τ_1 и τ_2 для профильного стекла и конструкций из него следует принимать в соответствии с Указаниями по проектированию, монтажу и эксплуатации из профильного стекла;

2) значение коэффициента τ_3 , учитывающее потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями, принимается равным 0,9.

Таблица П2.3

Значения коэффициента τ_4

Солнцезащитные устройства, изделия и материалы	τ_4
Убирающиеся регулируемые жалюзи и шторы (межстеклянные внутренние, наружные)	1
Стационарные жалюзи и экраны с защитным углом не более 45° при расположении пластин жалюзи или экранов под углом 90° к плоскости окна:	
– горизонтальные;	0,65
– вертикальные	0,75
Горизонтальные козырьки:	
– с защитным углом не более 30°;	0,8
– с защитным углом от 15° до 45° (многоступенчатые)	0,9 – 0,6

Рекомендуемые размеры окон

Ширина, мм	570	720	870	1170	1320	1470	1770	2070	2370	2670
Высота, мм	580	580	580	580	580	580	–	–	–	–
	860	860	860	860	860	860	–	–	–	–
	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160
	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320	1320
	1460	1460	1460	1460	1460	1460	1460	1460	1460	1460
	–	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760
	–	2060	2060	2060	2060	2060	2060	2060	2060	2060
	–	2175	2175	2175	2175	2175	2175	–	–	–
	–	2375	2375	2375	2375	2375	2375	–	–	–
	–	–	2755	2755	2755	2755	2755	–	–	–

Приложение 3

Справочные материалы для расчета искусственного освещения

Таблица ПЗ.1

Таблица коэффициентов отражения

Поверхность	Материал	Коэффициент отражения, %
Потолок	Бетон	40
	Штукатурка	73
	Плитка подвешного потолка белая	70
	Плитка подвешного потолка светло-серая	50
Стены	Пластик светлый	60
	Гипсокартон белый	80
	Обои (желтые, бежевые, розовые)	50
	Обои (голубые, светло-зеленые)	30
	Обои (красные, коричневые)	20
Пол	Плитка однотонная светлая	30
	Паркетная доска светлая	20
	Паркетная доска темная	10
	Ламинат светлый (ясень)	30
	Линолеум светло-серый	20
	Ковролин однотонный серый	10

Таблица ПЗ.2

Коэффициенты использования светильника 418 A08 (Муссон)

Светильник 418 A08 (Муссон)							
Индекс помещения	Коэффициент отражения потолка/стен/пола, %						
	70	70	70	50	50	50	30
	50	50	30	50	50	30	10
	30	10	10	30	10	10	10
Коэффициент использования, U							
0,60	41	39	34	39	38	34	31
0,80	48	45	42	46	44	41	38
1,25	58	54	50	56	53	50	47
2,00	68	61	59	64	60	58	55
3,00	73	65	64	70	64	61	60
5,00	78	69	67	74	67	66	64

Таблица ПЗ.3

**Коэффициенты использования светильника 418 А28 НФ
(Сирокко)**

Светильник 418 А28 НФ (Сирокко)							
Индекс помещения	Коэффициент отражения потолка/стен/пола, %						
	70	70	70	50	50	50	30
	50	50	30	50	50	30	10
	30	10	10	30	10	10	10
Коэффициент использования, <i>U</i>							
0,60	30	29	25	29	28	25	23
0,80	35	33	31	34	32	30	28
1,25	42	40	37	41	39	37	35
2,00	49	44	43	46	43	42	40
3,00	52	46	45	49	43	44	43
5,00	55	49	47	52	48	47	45

Таблица 3.4

Коэффициенты использования светильника 236 А52 (Циклон)

Светильник 236 А52 (Циклон)							
Индекс помещения	Коэффициент отражения потолка/стен/пола, %						
	70	70	70	50	50	50	30
	50	50	30	50	50	30	10
	30	10	10	30	10	10	10
Коэффициент использования, <i>U</i>							
0,60	29	28	23	28	27	22	19
0,80	36	34	29	34	33	28	25
1,25	46	43	38	44	41	37	33
2,00	57	51	47	54	50	46	42
3,00	63	57	53	60	55	50	49
5,00	70	62	59	66	60	58	55

Таблица 3.5

Коэффициенты использования светильника 418 А17 (Леванто)

Светильник 418 А17 (Леванто)							
Индекс помещения	Коэффициент отражения потолка/стен/пола, %						
	70	70	70	50	50	50	30
	50	50	30	50	50	30	10
	30	10	10	30	10	10	10
Коэффициент использования, U							
0,60	24	23	19	23	22	19	16
0,80	29	28	24	28	27	24	21
1,25	37	35	31	36	33	31	28
2,00	45	41	38	43	40	38	35
3,00	50	45	43	47	44	40	39
5,00	54	48	46	51	47	45	44

Таблица ПЗ.6

Коэффициенты использования светильника 418 А08 (Зефир)

Светильник 418 А08 (Зефир)							
Индекс помещения	Коэффициент отражения потолка/стен/пола, %						
	70	70	70	50	50	50	30
	50	50	30	50	50	30	10
	30	10	10	30	10	10	10
Коэффициент использования, U							
0,60	30	29	24	29	27	24	21
0,80	36	34	31	35	33	30	27
1,25	45	43	39	44	41	38	36
2,00	54	49	47	52	48	46	43
3,00	59	53	51	56	52	49	48
5,00	64	57	55	61	55	54	52

Таблица 3.7

Коэффициенты использования светильника 418 А06 (Пассат)

Светильник 418 А06 (Пассат)							
Индекс помещения	Коэффициент отражения потолка/стен/пола, %						
	70	70	70	50	50	50	30
	50	50	30	50	50	30	10
	30	10	10	30	10	10	10
Коэффициент использования, U							
0,60	33	32	27	32	31	27	24
0,80	40	38	34	39	37	33	31
1,25	49	46	43	48	45	42	40
2,00	59	53	51	56	52	50	47
3,00	63	57	55	60	56	53	52
5,00	68	60	58	65	59	57	56

Таблица 3.8

Коэффициенты использования светильника 414 А19 (Поларис)

Светильник 414 А19 (Поларис)							
Индекс помещения	Коэффициент отражения потолка/стен/пола, %						
	70	70	70	50	50	50	30
	50	50	30	50	50	30	10
	30	10	10	30	10	10	10
Коэффициент использования, U							
0,60	38	37	33	37	36	33	30
0,80	45	43	40	44	42	39	37
1,25	54	51	48	53	50	47	45
2,00	63	56	55	60	55	54	52
3,00	66	60	58	63	58	57	55
5,00	70	62	61	67	61	60	58

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА	4
Тема 1. Теплофизические свойства ограждений.....	4
1.1. Перенос тепла, влаги и воздуха.....	5
1.2. Распространение тепла в ограждающих конструкциях	6
Тема 2. ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ОГРАЖДЕНИЙ	6
2.1. Расчет сопротивления теплопередаче.....	6
2.2. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций	11
2.3. Пример выполнения теплотехнического расчета наружной стены	12
2.4. Определение толщины изоляционного слоя (утеплителя)	17
2.5. Определение расчетно-температурного перепада Δt_0 (разница между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности стены)	26
2.6. Построение линии распределения температуры в толще стены.....	26
Тема 3. МИКРОКЛИМАТ ПОМЕЩЕНИЙ	29
3.1. Факторы микроклимата.....	29
3.2. Создание микроклимата помещений	30
3.3. Приемы теплофизического проектирования деталей зданий	31
<i>Вопросы для самопроверки</i>	34
Глава 2. СТРОИТЕЛЬНАЯ СВЕТОТЕХНИКА	35
Тема 4. ЕСТЕСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ЗДАНИЙ.....	35
4.1. Расчеты естественного освещения.....	36
4.2. Проектирование световой среды в интерьере	39
4.3. Пример расчета естественного освещения.....	42
Тема 5. ИНСОЛЯЦИЯ В АРХИТЕКТУРЕ	49
5.1. Задачи инсоляции	49

5.2. Расчеты продолжительности инсоляции	51
5.3. Расчет и проектирование средств защиты от солнца ..	52
5.4. Экономический эффект нормирования инсоляции	54
5.5. Расчет продолжительности инсоляции.....	56
5.6. Последовательность определения продолжительности инсоляции	58
Тема 6. ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.....	59
6.1. Источники искусственного света	59
6.2. Осветительные приборы	61
6.3. Расчеты искусственного освещения	61
6.4. Пример расчета искусственного освещения	65
<i>Вопросы для самопроверки</i>	<i>67</i>
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК..	69
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	71

Учебное издание

ЯШКОВА Татьяна Николаевна
ЛУКИНА Анастасия Васильевна

СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Учебное пособие

Редактор Е. А. Платонова
Технические редакторы О. В. Балашова, Ш. Ш. Амирсейидов
Компьютерная верстка Е. А. Кузьминой
Выпускающий редактор А. А. Амирсейидова

Подписано в печать 22.02.23.
Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 4,88. Тираж 30 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.