Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емец Валерий Сергеевич
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 19.10.2023 15:42:34
Уникальный программный ключ:
f2b8a1573c931f1098cfe699d1debd94fcff35d7

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Рязанский институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Московский политехнический университет»

Кафедра «Информатика и информационные технологии»

Е.В. Тинина

АРХИТЕКТУРНАЯ ФИЗИКА

Учебное пособие

Рязань
2020

УДК 69:53
ББК 38.1
Т42

Тинина, Е. В.
Т42 Архитектурная физика: учебное пособие / Е. В. Тинина. – Рязань: Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, 2020. - 84 с.

Учебное пособие предназначено для студентов очной формы обучения направления подготовки 07.03.01 «Архитектура», изучающих дисциплину «Архитектурная физика».

В пособии приведены основные теоретические сведения и понятия дисциплины «Архитектурная физика», описана методика проектирования и расчета естественного освещения помещений, акустики помещений и залов различного назначения, инсоляции помещений и территорий, методика проведения анализа климата района строительства, даны рекомендации по цветовому решению жилых помещений, представлены примеры расчета и проектирования, список рекомендуемой литературы.

Печатается по решению методического совета Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.

УДК 69:53
ББК 38.1

© Тинина Е.В., 2020
© Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, 2020

Содержание

Введение……..……....5
Часть 1 Аудиторная работа……..…… .6
1.1 Анализ общих фоновых параметров климата района строительства……....6
1.1.1 Архитектурная климатология…….....6
1.1.2 Климатическое районирование……...6
1.1.3 Типологические требования для жилого помещения по типам погоды…….. .8
1.1.4 Методика проведения климатического анализа……..…11
1.1.5 Порядок проведения анализа…….....15
1.2 Расчет коэффициента естественной освещенности……..15
1.2.1Коэффициент естественной освещенности (КЕО)……..……15
1.2.2 Графический метод расчета КЕО ……..……...16
1.2.3 Нормирование естественного освещения……..... .17
1.2.4 Порядок расчета естественного освещения…….....20
1.2.5 Порядок выполнения задания…..…….26
1.3 Расчет инсоляции……...27
1.3.1 Нормирование инсоляции……..…….27
1.3.2 Пример расчета инсоляции окна……31
1.3.3 Пример расчета инсоляции точки на территории с построением картограмм…….34
1.3.4 Принцип построения тени от здания……36
1.3.5 Определение инсоляции точки на территории с помощью инсографика…….....39
1.4 Акустический расчет залов различного назначения……...40
1.4.1 Задание для выполнения акустического расчета…….…….40
1.4.2 Основные архитектурно-строительные параметры зала……40
1.4.3 Анализ звукового поля на основе геометрической акустики……..42
1.4.4 Определение времени реверберации …….....44
1.4.5 Порядок расчета времени реверберации …….....45
1.4.6 План акустического расчета залов……46
1.4.7 Пример акустического расчета зрительного зала драматического театра на 750 мест……..47
1.4.8 Пример акустического расчета лекционной аудитории на 300 слушателей……..…….53
Часть 2 Самостоятельная работа..……..... .58
2.1 Задание для выполнения самостоятельной работы……58
2.2 Расчет площади светового проема…….. .58
2.2.1 Естественное освещение помещения……..58
2.2.2 Порядок расчета площади светового проема жилого помещения……59
2.3 Проектирование цветового решения интерьера ……61
2.3.1 Качество воспроизведения цвета и цветопередача……61

2.3.2Проектирование цвета……..……..62
2.3.3Цветовое решение жилых помещений……...…….....65
2.4 Расчет звукоизоляции……67
2.4.1 Данные для расчета…….……..67
2.4.2 Расчет звукоизоляции…….…….....68
Список используемых источников……..…….....70
ПРИЛОЖЕНИЕ А……..……..……71
ПРИЛОЖЕНИЕ Б……..……73
ПРИЛОЖЕНИЕ В…….……77
ПРИЛОЖЕНИЕ Г…….....80
ПРИЛОЖЕНИЕ Д…….……83

Введение

Архитектура представляет собой один из важнейших аспектов жизнедеятельности человека и отличается тем, что постоянно воздействует на живую и неживую природу. От того, насколько комфортно построены здание или сооружение и насколько гармонично они вписываются в природу, зависит жизнь человека и существование окружающей экосистемы.

Архитектор составляет планы будущего здания, его объемно-пространственную композицию, создает художественный образ. Но в проектировании в целом принимают участие и другие инженеры-специалисты в таких областях как строительство, тепло- и газоснабжение, вентиляция, водоснабжение и канализация, инженеры-механики и электрики, пожарные. Поэтому инженер-архитектор должен знать в нужном объеме области деятельности и этих специалистов, чтобы находить согласованные решения. А также учитывать условия окружающей среды, правильно использовать ее ресурсы, создавая комфортные жилые комплексы. Ведь здоровье человека зависит от воздуха, воды, влажности, света, шума и различного рода излучений. Современные материалы, техника и технологии позволяют реализовать все задуманное, а знание основных понятий и законов природы, на которые все это базируется, дает архитектору мощное оружие в своей деятельности.

Основа рационального с точки зрения комфортности и экономичности решения будущего здания закладывается архитектором в самом начале проектирования, когда определяются композиционный замысел и образ будущего сооружения, его ориентация по сторонам горизонта, размеры и пропорции световых проемов, освещенность рабочих поверхностей, цветопередача, звукоизоляция и т.д.

Поэтому для инженера-архитектора мощным оружием являются научные знания. Дисциплина «Архитектурная физика» – это прикладная область физики, рассматривающая физические явления и процессы в конструкциях зданий, снаружи и внутри помещений, связанные с переносом тепла, света, звука. Таким образом, основная задача дисциплины – научное обоснование применения материалов, конструкций, форм, размеров, что и рассматривается в учебном пособии.

Учебное пособие разделено на две части: первая – выполнение заданий в аудитории, вторая – самостоятельная работа. В каждом задании приведены необходимые теоретические сведения по данной тематике и методика выполнения расчетов и проектирования. Во второй части даны рекомендации по самостоятельному выполнению заданий.

Часть 1 Аудиторная работа

1.1 Анализ общих фоновых параметров климата района строительства

1.1.1 Архитектурная климатология

Архитектурная климатология – наука, призванная раскрыть связь между климатическими условиями и архитектурой любых по назначению зданий. Овладение этими связями позволяет архитектору при проектировании правильно оценить и учесть климатические воздействия, создать в формируемой им искусственной среде благоприятную экологическую обстановку, особенно в жилых помещениях, где человек проводит большую часть времени, отдыхает и восстанавливает свои силы.

Оценка общих фоновых параметров климата является первоначальной стадией климатического анализа при архитектурном проектировании. Фоновые параметры – это наиболее общие параметры, характерные для крупной территории, без детального учета влияния подстилающей поверхности земли. К ним относятся данные климатического районирования, погодные условия по тепловлажностному и тепловетровому режиму. Они позволяют установить типологические требования к помещениям, а затем перейти к анализу климата с учетом подстилающей поверхности.

1.1.2 Климатическое районирование

Климат – это многолетний режим погоды, наблюдающийся в данной местности. Важнейшими для архитектурного проектирования климатическими факторами являются: солнечная радиация, температура воздуха, влажность воздуха и количество осадков, ветер. Влажность и ветер всегда рассматриваются в совокупности с температурным режимом.

Перечисленные факторы зависят от географического положения, циркуляции воздушных масс, близость морей и океанов, морских течений, высоты места над уровнем моря, направления горных хребтов, то есть от того, что формирует климатические пояса на земном шаре. Различают семь поясов: экваториальный, субэкваториальный, тропический, субтропический, умеренный, субарктический, арктический. Каждому из поясов свойственна своя типологическая специфика жилища.

Рассмотрим климатические условия и пояса Российской Федерации.

Большая протяженность России с севера на юг определяет различное количество солнечной радиации, получаемое тем или иным регионом. Наибольшее количество радиации поступает на поверхность в южных районах нашей страны, поэтому там наблюдаются самые высокие температуры воздуха.

Перемещение воздушных масс над поверхностью Земли приводит к переносу тепла и влаги из одних районов в другие. Над Россией перемещаются

арктические, умеренные и на юге тропические воздушные массы. Но в основном это континентальный воздух. Поскольку в умеренных широтах, где расположена большая часть нашей страны, господствует западный перенос воздушных масс, Атлантический океан оказывает на климат значительно большее влияние по сравнению с Тихим. Роль западного переноса велика в теплый период года, когда на большей части страны преобладают западные и северо-западные ветры.

Зимой основную роль играет обширная область высокого давления, называемая Сибирским антициклоном или Азиатским максимумом, центр которого располагается в районах Забайкалья и Республики Тува. От него области с повышенным давлением распространяются в двух направлениях: на северо-восток вплоть до Чукотского побережья и на запад через Северный Казахстан на юг Русской равнины примерно до 50º с.ш.

Большое влияние на климат оказывает рельеф. Отсутствие гор на севере и западе страны способствует проникновению арктических и атлантических воздушных масс вглубь страны. Горные хребты на востоке ограничивают влияние Тихого океана. Особенности рельефа и циркуляция воздушных масс приводит к неравномерному распределению осадков по территории России. При этом основным источником влаги является Атлантический океан.

Итак, в зависимости от климатических условий на территории нашей страны формируются следующие типы климатов.

Арктический климат характерен для островов Северного Ледовитого океана и его сибирских побережий, где расположены зоны арктических пустынь и тундр. Здесь поверхность получает мало солнечного тепла, в течение всего года господствует холодный арктический воздух, с преобладанием антициклонов. В регионе долгая холодная зима и короткое прохладное лето. С приходом циклонов связаны ослабление морозов и снегопады.

Субарктический климат характерен для заполярья Русской и Западно-Сибирской равнин. В районах Восточной Сибири этот тип распространен до 60º с.ш. Суровость климата нарастает при движении с запада на восток. Лето немного теплее, чем в арктическом климате. Из-за малого испарения создается постоянное избыточное увлажнение, особенно это касается Кольского полуострова. Европейские части региона имеют более высокую температуру зимы, чем азиатские.

Умеренный климатический пояс – самый большой по площади в России, поэтому для него характерны существенные различия в температурных условиях и увлажнении по мере движения с запада на восток.

Умеренно континентальный климат господствует на европейской части России. Основные признаки того климата: теплое лето (температура июля от +12 до +24 ºС), морозная зима (температура января от -20 до -4 ºС), годовое количество осадков от 500 до 800 мм. Формируется этот климат под влиянием западного переноса атлантических воздушных масс, относительно теплых зимой и прохладных летом, постоянно влажных.

Континентальный климат умеренного пояса характерен для Западной Сибири. Формируется он под влиянием континентальных воздушных масс

умеренных широт, перемещающихся чаще всего в широтном направлении. В меридиональном направлении на юг продвигается холодный арктический воздух, а континентальный тропический воздух проникает далеко на север лесной полосы. Поэтому осадков здесь выпадает до 600 мм в год на севере и менее 200 мм на юге. Лето теплое, на юге даже знойное. Зима суровая.

Резко континентальный климат умеренного пояса распространен в Восточной Сибири. Этот климат отличается постоянным господством континентального воздуха умеренных широт. Он характеризуется малой облачностью, скудными осадками, основная масса которых выпадает в теплую часть года. Малая облачность способствует быстрому прогреванию земной поверхности солнечными лучами днем, летом и быстрому охлаждению ее ночью и зимой. Отсюда большие амплитуды температур воздуха в течение суток и в различные сезоны. Малоснежность при сильных морозах обеспечивает глубокое промерзание почв.

Муссонный климат умеренного пояса типичен для южных районов Дальнего Востока. Здесь присутствует определенное направление ветра по сезонам: зимой – с берега, летом – с океана. Зимы здесь холодные, а летом температура колеблется от +10 до +20 °С. Осадки выпадают преимущественно летом, но увлажнение всюду избыточное.

В субтропическом поясе находится черноморское побережье Кавказа. Данный климат отличается жарким летом и мягкой, но достаточно выраженной, зимой, обильными осадками и избыточным увлажнением.

Рассмотренные особенности климата в различных поясах легли в основу деления территории Российской Федерации на климатические районы:

I – север, холодный климат;

II – умеренные широты, умеренно-холодный климат;

III – часть южных районов с очень теплым летом;

IV – юг, где мягкая зима и жаркое лето (влажное или сухое).

Каждый район охватывает достаточно большую территорию, поэтому в зависимости от географического положения объекта район делится на подрайоны.

1.1.3 Типологические требования для жилого помещения по типам погоды

В каждом климатическом подрайоне существует свой режим эксплуатации жилых помещений, в который включены определенные типологические требования по проектированию. Для выявления наиболее существенных требований к объекту, касающихся его микроклимата, было выделено семь типов погоды: комфортная (к), теплая (т), жаркая (ж), прохладная (п), холодная (х), суровая (с), засушливая (з).

Рассмотрим характерные особенности для каждого типа.

Жилые помещения при комфортной погоде почти не несут климатозащитных функций. Режим эксплуатации открытый, помещения

непосредственно связаны с внешней средой, воздухообмен не ограничен. Не обязательны ограждающие конструкции с высокими теплоизоляционными качествами, отопительное и охлаждающее оборудование. Типичны приквартирные открытые пространства. Пребывание человека во внешней среде не ограничено, хотя могут быть желательны инсоляция или затенение. Для комфортной погоды характерны следующие параметры: температура от +18 до +25 ºС, относительная влажность - от 30 до 60 %, скорость движения воздуха - от 0,1 до 0,2 м/с в помещении и от 1 до 3 м/с снаружи.

Помещения при теплой погоде защищает человека от легкого перегрева. Режим эксплуатации полуоткрытый, для него характерны двусторонняя планировка квартир с активным проветриванием, открытые приквартирные пространства, открытые окна при наличии солнцезащитных устройств, вентиляторы. Должны быть предусмотрены аэрация и затенение. Для этого типа погоды температура изменяется от +24 до +30 °С. Если влажность понижена (менее 30 %), то типичные средства защиты – это ночное проветривание для аккумуляции ночной прохлады, если повышена (более 60 %), то применяются затенение и аэрация пространств.

При жаркой сухой погоде необходима защита человека от сильного перегрева, а во многих случаях и от пыли. Режим эксплуатации закрытый с компактным объемно-планировочным решением, обеспечивающим минимальные теплопоступления извне, увеличение кубатуры внутренних пространств, открытые помещения для вечернего и ночного отдыха, защищенные от солнца проемы, искусственное охлаждение, вентиляторы, использование охлаждающего действия грунта. В городской среде необходимо активное затенение и обводнение для смягчения микроклимата, защита от горячих пыльных ветров. Температура изменяется в пределах от +33 до +36 °С, а наблюдаемая влажность составляет менее 24 %.

Жилые помещения при жаркой погоде защищает человека от сильного перегрева, гиперинсоляции и духоты. Режим эксплуатации изолированный, требующий для создания условий теплового комфорта полного кондиционирования, недопустимо испарительное охлаждение (повышает влажность). Для данного типа погоды характерны компактные объемно-планировочные решения, открытые помещения для вечернего и ночного отдыха, использование охлаждающего действия грунта. Световые проемы при работе кондиционеров должны быть закрыты, уплотнены, защищены от солнца. Для городской среды характерны затенение и активная аэрация, которые крайне необходимы для снижения духоты и перегрева, но недостаточны для создания комфорта. Типичные температуры воздуха составляют от +30 до +35 °С при влажности от 25 до 60 %.

Жилые помещения при прохладной погоде защищают человека от легкого охлаждения, при этом создается полуоткрытый режим эксплуатации. В этом случае характерны: обращение комнат на солнечные стороны

горизонта, умеренно компактные объемно-планировочные решения, ограждения, обладающие теплозащитными свойствами, воздухообмен через форточки, фрамуги, отопительные устройства. В городской среде защита от ветра и использование инсоляции создают условия, близкие к комфортным. Наблюдаемые температуры составляют от +6 до +10 °С.

Помещения при холодной погоде защищают человека от сильного охлаждения. Режим эксплуатации закрытый. В этом случае выбирают компактное объемно-планировочное решение, обеспечивающее минимальные теплопотери, закрытые отапливаемые лестницы, уплотненные окна, центральное отопление, вытяжную канальную вентиляцию, а также обращают внимание на воздухонепроницаемость и теплозащитные качества ограждений. В городской среде ветрозащита и инсоляция смягчают условия охлаждения. Температуры могут опускаться до -25 °С. Скорость ветра составляет от 3 до 10 м/с, в отдельных районах снегозаносы требуют защиты территорий и входов в здания.

Помещения при суровой погоде защищают человека от крайне сильного охлаждения. Режим изолированный, требующий для создания комфорта побудительной приточно-вытяжной вентиляции с подогревом и увлажнением воздуха. В этом случае применяют максимально компактное объемно-планировочное решение зданий, закрытые отапливаемые лестницы, минимальное количество входов в здание, двойные тамбуры при входах, очень высокие воздухонепроницаемость и теплозащитные качества ограждений, центральное отопление большой мощности. В зимнее время пребывание человека на улице резко ограничено из-за угрозы обморожения открытых частей тела. Эффективна ветрозащита, целесообразны теплые переходы-галереи между квартирами и предприятиями повседневного обслуживания. Температуры могут достигать -36 °С, скорости ветра – 12 м/с.

Для того чтобы определить тип погоды, необходимо знать ход средней месячной температуры воздуха в ночное и дневное время по месяцам, а также при некоторых значениях температур – влажность воздуха и скорость ветра. Классификация типов погоды приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Классификация типов погоды

№	Тип погоды	Средняя месячная температура воздуха, ºС
1	Жаркая	От +25 до +40
2	Сухая	От +32 до +40 (влажность менее 24 %)
3	Теплая	От +20 до +32
4	Комфортная	От +12 до +28 (верхний предел при 30-60 %)
5	Прохладная	От +4 до +12
6	Холодная	От -36 до +4 (ветер около 2 м/с) От -28 до +4 (ветер 2-5 м/с) От -20 до +4 (ветер 5-10 м/с) От -12 до +4 (ветер более 10 м/с)
7	Суровая	Менее -36 (ветер около 2 м/с) Менее -28 (ветер 2-5 м/с) Менее -20 (ветер 5-10 м/с) Менее -12 (ветер более 10 м/с)

1.1.4 Методика проведения климатического анализа

Анализ общих фоновых климатических параметров осуществляется в следующем порядке.

1 По карте климатического районирования определяется подрайон объекта строительства, и рассматриваются географические условия его месторасположения (СНиП 23-01-99 или 2.01.01-82).

2 Составляется таблица данных для анализа климатических параметров местности (таблица 1.2), в которую входят различные значения температуры и влажности воздуха.

Средняя месячная температура $t_{ср}$, средняя амплитуда $A_{ср}$ температуры воздуха, упругость e водяного пара воздуха, максимальная упругость водяного пара воздуха днем $E_д$ и ночью $E_н$ определяются по соответствующим таблицам приложения А. Величины максимальной упругости $E_д$ и $E_н$ водяного пара берутся для округленных значений температур, при этом миллиметры рт.ст. переводятся в гПа (760 мм рт.ст. приблизительно составляют 10^5 Па).

Средняя месячная дневная температура определяется по формуле

$$t_д = t_{ср} + \frac{A_{ср}}{2},$$

а средняя месячная ночная температура

$$t_н = t_{ср} - \frac{A_{ср}}{2}.$$

Относительная влажность воздуха вычисляется по формуле

$$\varphi_д = \frac{e}{E_д} \cdot 100.$$

3 По приложению А определяются направления и скорости ветра и заносятся в таблицу 1.3.

4 Проводится анализ совместного действия трех климатических факторов (годовые изменения температуры, влажности и ветра). В качестве примера на рисунке 1.1 приведен годовой ход температуры и влажности воздуха днем и ночью, скорость ветра для Москвы. Построение ветровой характеристики только по январю и июлю выполняется следующим образом: 1) откладываются значения скоростей более 4 м/с при повторяемости менее 20 %; 2) откладываются значения скоростей при повторяемости направлений от 20 % и более; 3) линии января и июля распространяются на весь сезон (зима и лето, соответственно); 4) около линий указываются направления ветров.

Диаграмма дает возможность наглядно оценить основные черты климата района строительства. Для Москвы, прежде всего, должен быть отмечен перегрев помещений летом (среднемесячные температуры превышают линию в +21 °С) и время, когда можно использовать открытые помещения (линия +16 °С). Ход изменения температур в дневные часы позволяет определить необходимость солнцезащиты в летнее время. При продолжительности перегрева менее 20 дней рекомендуются внутренние

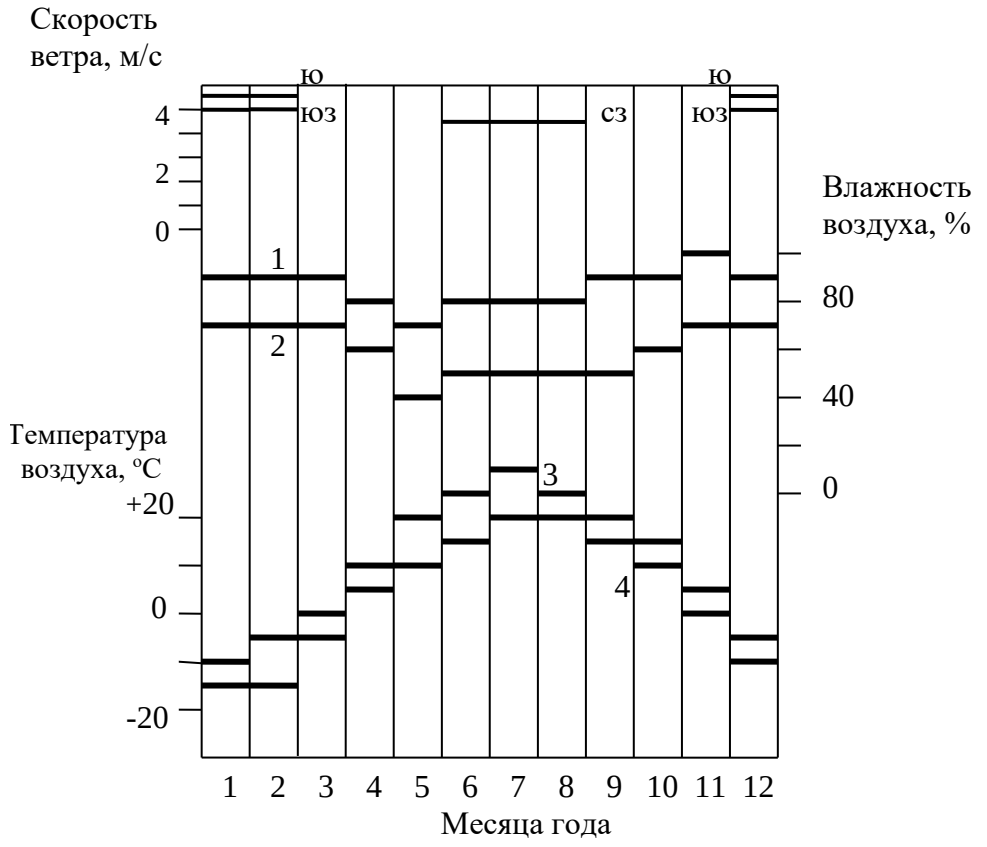
солнцезащитные устройства, от 21 до 40 дней – внутренние или межстекольные, от 41 до 60 дней – межстекольные или наружные, от 61 до 100 дней – наружные или межстекольные в сочетании с теплозащитным стеклом, а при более 100 дней перегрева добавляется искусственное охлаждение.

Таблица 1.2 – Данные для анализа климатических параметров местности

№	Климатический фактор	Месяцы года											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Средняя месячная температура $t_{ср}$ воздуха, °С												
2	Средняя амплитуда $A_{ср}$ температуры воздуха, °С												
3	Средняя месячная дневная температура $t_д$ воздуха, °С (в 13 часов)												
4	Средняя месячная ночная температура $t_н$ воздуха, °С (в 7 часов)												
5	Упругость e водяного пара воздуха, гПа												
6	Максимальная упругость $E_д$ водяного пара воздуха днем, гПа (в 13 часов)												
7	Максимальная упругость $E_н$ водяного пара воздуха ночью, гПа (в 7 часов)												
8	Относительная влажность $\varphi_д$ воздуха, % (в 13 часов)												

Таблица 1.3 – Характеристики ветра для данной местности

Характеристика ветра	Январь								Июль							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость направлений ветра, %																
Средняя скорость ветра по направлениям, м/с																



1 – кривая влажности воздуха в дневное время; 2 – кривая влажности воздуха в ночное время; 3 – кривая температуры в дневное время; 4 – кривая температуры в ночное время

Рисунок 1.1 – Годовой ход температуры, влажности и ветра

Как температура, так и влажность различается по времени года. Линии 30 и 70 % относительной влажности на диаграмме ограничивают зоны с низкой и высокой влажностью. При невысокой температуре и повышенной влажности сквозного проветривания не требуется. Оно необходимо, когда температура становится выше линии в +21 ºС, а при более высокой желательно и кондиционирование.

Ветер оценивается для решения планировочных задач, связанных с ветрозащитой или аэрацией помещений, так как при сильных морозах возможно выветривание и изменение теплового режима эксплуатации объектов. Следует обращать внимание на его повторяемость порядка 20 % и выше, а также на скорости ветра от 4 м/с. При любой температуре скорость ветра более 4 м/с неблагоприятна для пешехода, при скорости 6 м/с начинается перенос снега и песка, а при скорости 12 м/с возникают механические разрушения элементов зданий. При среднемесячной скорости ветра зимой 5 м/с и более здания подвергаются заметному ветровому охлаждению, поэтому желательна защита зданий и пешеходов от ветра.

Завершается рассмотрение диаграммы описанием наиболее неблагоприятных условий зимой или летом: сочетание пониженных или повышенных значений температур, влажности, повторяемости и скорости ветра.

5По фоновым климатическим параметрам определяется по месяцам тип погоды (таблица 1.1) по отдельности для дневного и ночного времени. Данные заносятся в таблицу 1.4.

Таблица 1.4 – Запись типов погоды по месяцам года

Время суток	Месяцы года											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ночь												
День												

Далее каждый тип суммируется и записывается в кратком виде. По максимальному значению числа определяется тип погоды. Для Москвы получается следующая запись: 12х, 6п, 6к. Она показывает состояние погоды за год и дает возможность достаточно четко определить климатологическую сущность проектируемых объектов. Например, в Москве преобладает холодный тип погоды, и необходимы соответствующие защитные меры.

6 По данным о погодных условиях и их продолжительности устанавливаются типологические требования к жилым помещениям: использование открытых пространств, режим проветривания, ориентация световых проемов по сторонам горизонта, использование защиты от перегрева, ветра и влаги.

В качестве примера типологического заключения рассмотрим город Ростов-на-Дону, для которого запись типа погоды имеет вид: 8х, 6п, 8к, 2т. Из нее следует, что зимой в этом районе преобладает холодный тип погоды, а летом – комфортный. Таким условиям соответствуют два режима эксплуатации зданий: зимой – закрытый, летом – открытый. Жилые здания должны иметь компактное объемно-планировочное решение, теплые лестницы, тамбуры, лоджии и веранды. Ограждающие конструкции могут быть средней массивности. Возможна ориентация квартир на солнечную сторону с обеспечением в летнее время солнцезащиты, сквозного проветривания, затенения городской застройки. Вентиляцию необходимо устраивать

канальную. В летнее время помещения должны быть максимально раскрыты в окружающую среду через ложи и веранды.

1.1.5 Порядок проведения анализа

1 Согласно варианту (таблица 1.5) и методике проведения климатического анализа определить общие фоновые параметры климата района строительства и дать их описание.

2 Установить типологические требования к жилым помещениям и сделать заключение для архитектурного проекта.

Таблица 1.5 – Варианты задания для климатического анализа

Номер варианта	Название населенного пункта	Номер варианта	Название населенного пункта
1	Архангельск	6	Якутск
2	Калининград	7	Брянск
3	Казань	8	Новгород
4	Астрахань	9	Хабаровск
5	Сочи	10	Томск

1.2 Расчет коэффициента естественной освещенности

1.2.1 Коэффициент естественной освещенности (КЕО)

Естественное освещение характерно тем, что создаваемая в помещении освещенность изменяется в чрезвычайно широких пределах. Эти изменения обусловливаются временем дня, временем года и метеорологическими факторами: состоянием облачности и отражающими свойствами земного покрова. Поэтому характеризовать естественное освещение абсолютным значением освещенности на конкретном месте не представляется возможным.

В качестве нормируемой величины взята относительная величина – коэффициент e_n естественной освещенности (КЕО). Коэффициент представляет собой выраженное в процентах отношение освещенности E в данной точке внутри помещения к одновременной наружной горизонтальной освещенности E_0, создаваемой рассеянным светом всего небосвода

$$e_n = \frac{E}{E_0} \cdot 100\% .$$

В расчетах естественного освещения применяется также геометрический КЕО – ε. Он отличается от простого коэффициента тем, что не учитывает влияние остекления и отделки в помещении, а также неравномерной яркости небосвода.

Значение КЕО в любой точке помещения определяется следующими составляющими:

- долей естественного освещения, создаваемого прямым светом неба и оцениваемого значением геометрического КЕО;
- долей КЕО, обусловленной при боковом освещении отражением света фасадами противостоящих зданий и грунтом;
- долей КЕО, обусловленной отражением света от внутренних поверхностей помещения.

При определении КЕО исключается участие прямого солнечного света в создании яркости отражающих поверхностей.

КЕО зависит от количества проходящих лучей через световые проемы. Поэтому при расчете естественного освещения учитывают, что свет, падающий на поверхность тела, частично отражается, частично поглощается, а если тело является прозрачным, то проходит через него. Данные физические процессы определяются следующими коэффициентами: коэффициентом отражения ρ, коэффициентом пропускания τ, коэффициентом поглощения α. Эти явления оказывают существенное влияние на освещенность E внутри помещения и включаются в расчетные формулы.

1.2.2 Графический метод расчета КЕО

При определении достаточности естественного освещения на стадии проектирования здания необходимо аналитически определить коэффициент естественного освещения. Наибольшее распространение получил графический метод, разработанный А.М.Данилюком.

Это метод основан на законах проекции телесного угла и светотехнического подобия. При их рассмотрении учитывают следующее. Если расположить на горизонтальной плоскости в центре полусферы точку и эту полусферу принять за небосвод равномерной яркости, а солнечный и отраженный свет не учитывать, то освещенность этой точки можно считать равной 1 или 100 %.

Для определения освещенности в помещении здание как бы располагается под эту полусферу. Исследуемая точка совмещается с центром полусферы. Световой проем проектируется на полусферу, а с нее – на горизонтальную плоскость (рисунок 1.2). Согласно закону телесного угла и светотехнического подобия, отношение площади проекции светового проема к проекции полусферы даст искомое значение геометрического ε КЕО.

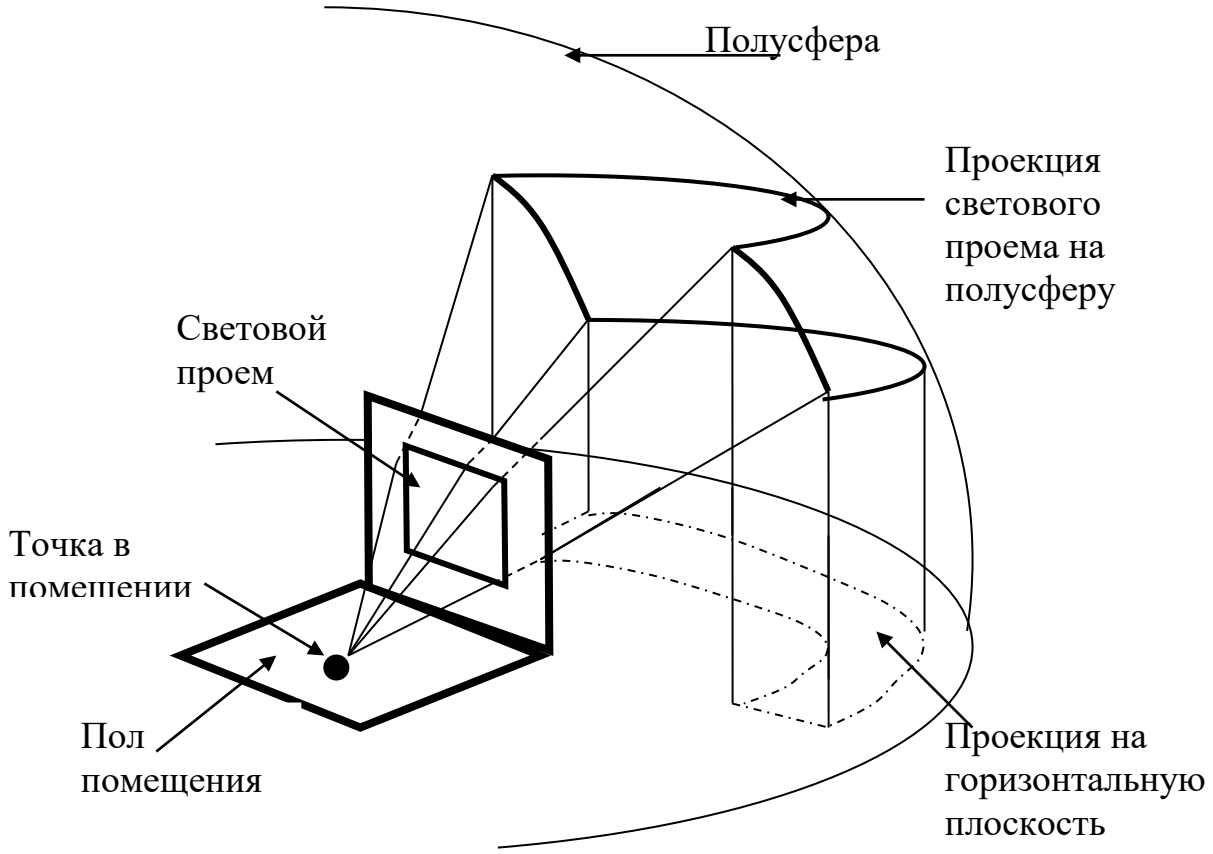


Рисунок 1.2 – Элемент помещения и проекции светового проема

Полусфера условно разбивается на 10 000 площадок (по 100 параллелей и меридианов), каждая из которых, согласно закону телесного угла, создает одинаковую освещенность на горизонтальной плоскости. Световая энергия каждой площадки принимается за световой пучок. Число таких пучков, проникающих к расположенной в помещении точке через светопроемы, является мерой освещенности.

Далее точки пересечения меридианов и параллелей соединяют с центром полусферы. После этого вертикально проецируют систему полученных радиусов на плоскость, параллельную световому проему, и получают график I, а сами меридианы и параллели – на плоскость, параллельную полу помещения, получая график II. Количество видимых через светопроемы участков небосвода по высоте определяют по графику I (рисунок 1.3, а), по ширине светового проема – по графику II (рисунок 1.3, б). На рисунке 1.3, б справа отображаются номера окружностей, которые соответствуют дугам на рисунке 1.3, а.

1.2.3 Нормирование естественного освещения

В зависимости от характера функционального процесса, протекающего в здании, района строительства и вида здания применяется боковое, верхнее и комбинированное освещение. В таблице Б.1 приложения приведены значения коэффициента естественной освещенности в зависимости от разряда

зрительной работы. Значения коэффициентов определены с учетом того, что город Рязань и Рязанская область относятся к третьему району по световому климату.

Рабочая поверхность может находиться на различных участках помещения. Она может быть расположена горизонтально, вертикально и под наклоном к полу. При проектировании освещения ее местонахождение выбирают согласно требованием к освещению помещения, а высоту берут на уровне 0,8 м от пола. Для жилых помещений рабочую поверхность берут на полу.

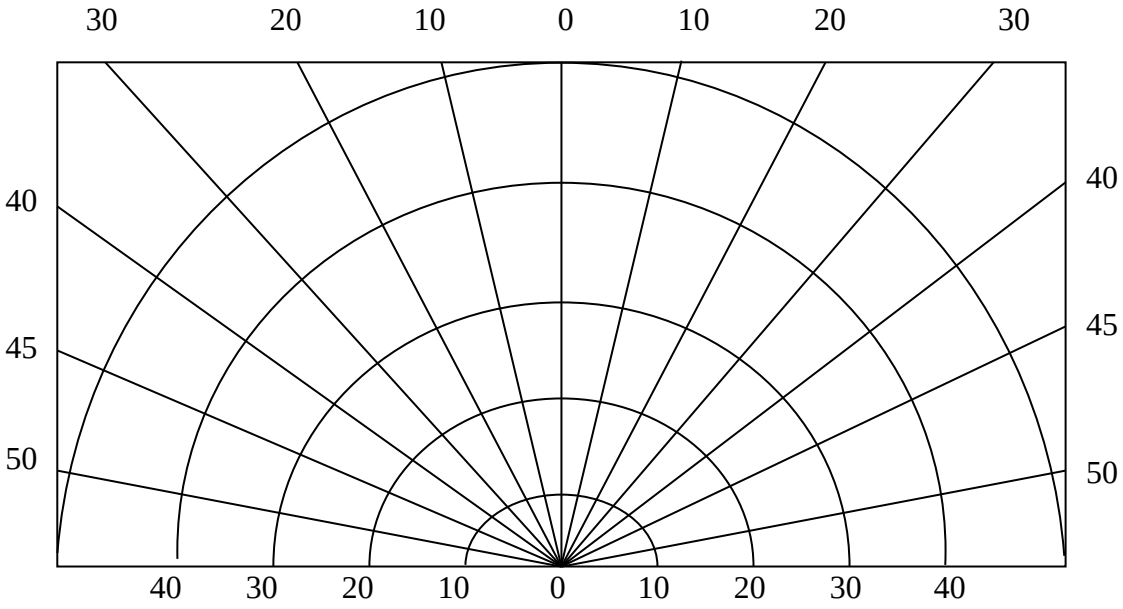
К естественному освещению помещений предъявляются следующие основные требования: равномерность, обеспечение требуемой освещенности рабочих поверхностей, устранение направленного прямого и отраженного света, обеспечение необходимой яркости окружающего пространства. Кроме площади светового проема этого добиваются соответствующими отделочными материалами. Характеристики материалов включены в формулы для определения коэффициента естественного освещения.

В зависимости от положения и размера светового проема, глубины помещения интенсивность света по рабочей поверхности распределена не равномерно. На рисунке 1.4 приведено распределение интенсивности света по полу помещения при боковом освещении. Из графика следует, что существует определенная рабочая зона, где согласно нормам возможно размещение рабочих мест, а КЕО укладывается в требуемые значения.

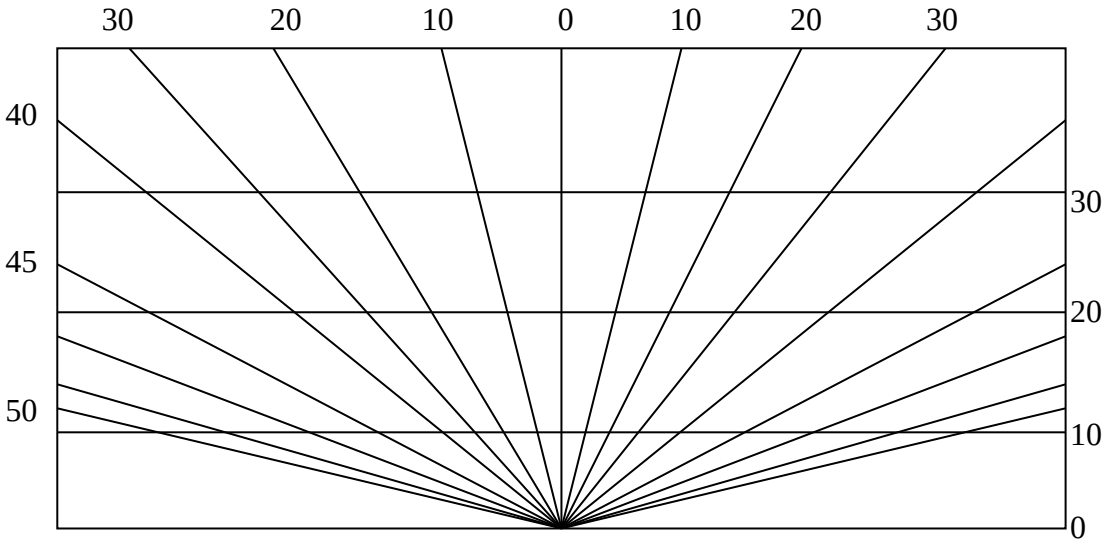
При проектировании естественного освещения строят характерные разрезы и планы помещения. Для горизонтально расположенной поверхности это: продольный разрез через окно помещения (рисунок 1.5, а) и план (рисунок 1.5, б). В сечение должны попадать точки рабочей зоны. Также чертят вертикальный разрез (рисунок 1.6) и план (рисунок 1.7) рассматриваемого и противостоящего зданий.

На рисунках введены следующие обозначения: B – глубина помещения, $l_п$ – ширина помещения, l – расстояние от светового проема до рабочей точке, l_0 – ширина светового проема, $H_п$ – высота помещения, $h_п$ – высота подоконника над уровнем пола, h_1 – высота от рабочей точки до верхнего края светового проема, h_0 – высота светового проема, P – расстояние от рассматриваемого здания до противостоящего, $l_з$ – длина противостоящего здания, $H_з$ – высота противостоящего здания, $H_{зд}$ – расстояние от подоконника рассматриваемого светового проема до карниза противостоящего здания.

а)



б)



а) график I; б) график II

Рисунок 1.3 – Графики А.М.Данилюка

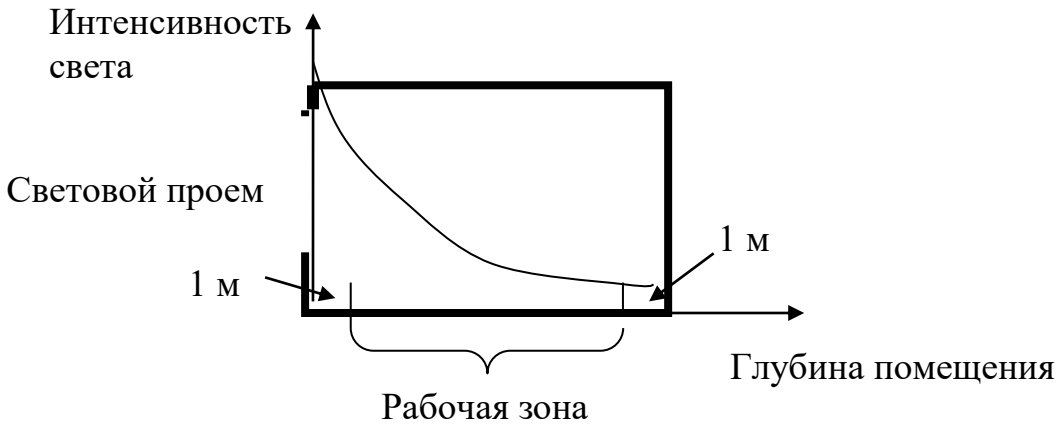
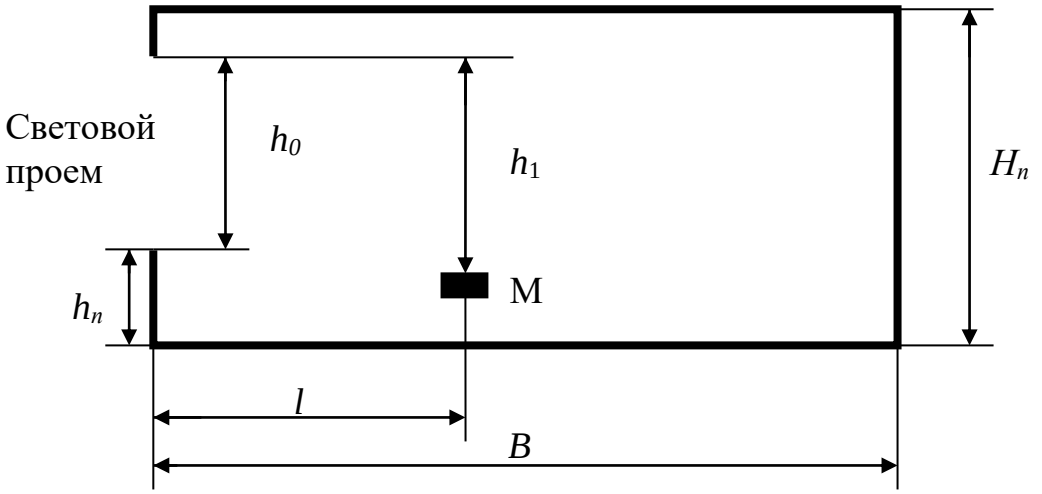


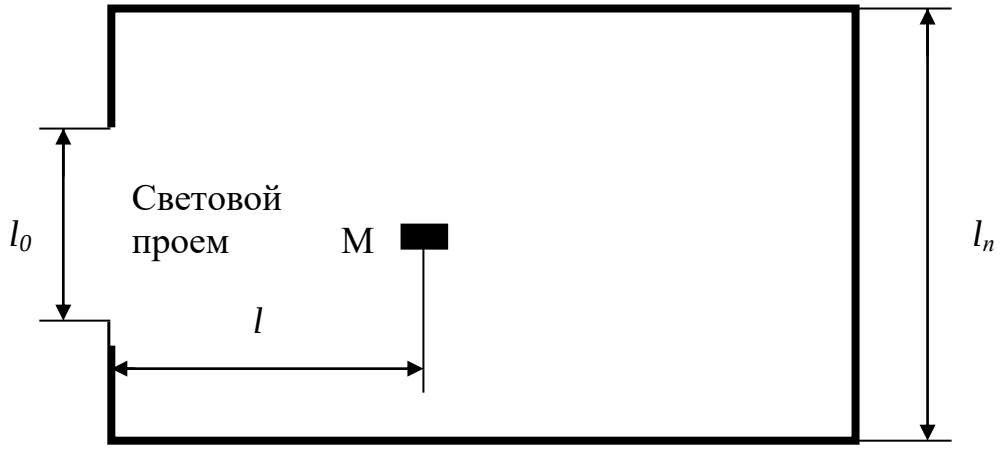
Рисунок 1.4 – График распределения интенсивности света по полу помещения при боковом освещении

1.2.4 Порядок расчета естественного освещения

В данном задании рассчитывается коэффициент естественного освещения учебной аудитории. Освещение производится боковыми световыми проемами. Нормированное значение коэффициента освещения берется из расчета, что наименьший размер объекта различения составляет 1-5 мм. Расчетное значение коэффициента естественного освещения e_p сравнивается со значением нормированного коэффициента еп, определенного по таблице Б.1 (приложение Б). Расчеты считаются верными, если отклонение полученного значения КЕО e_p от нормированного e_n не превышает 10 %.



а)



б)

а) вертикальный разрез; б) план

Рисунок 1.5 – Чертежи помещения

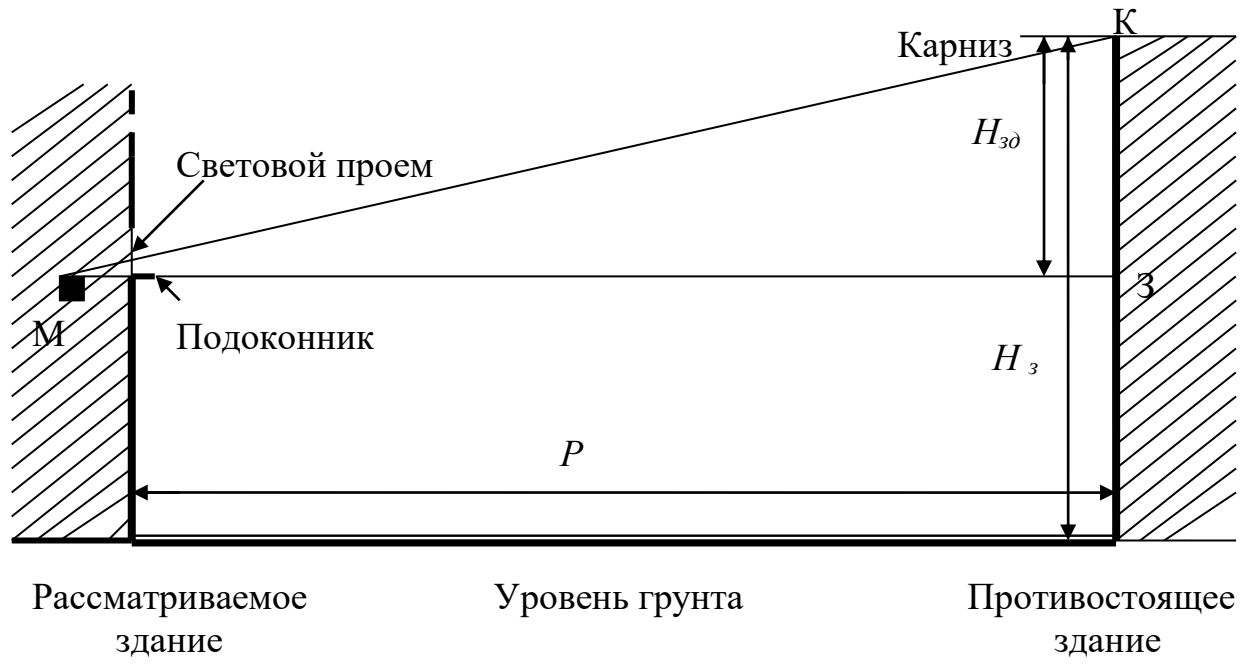


Рисунок 1.6 – Вертикальный разрез рассматриваемого и противостоящего здания

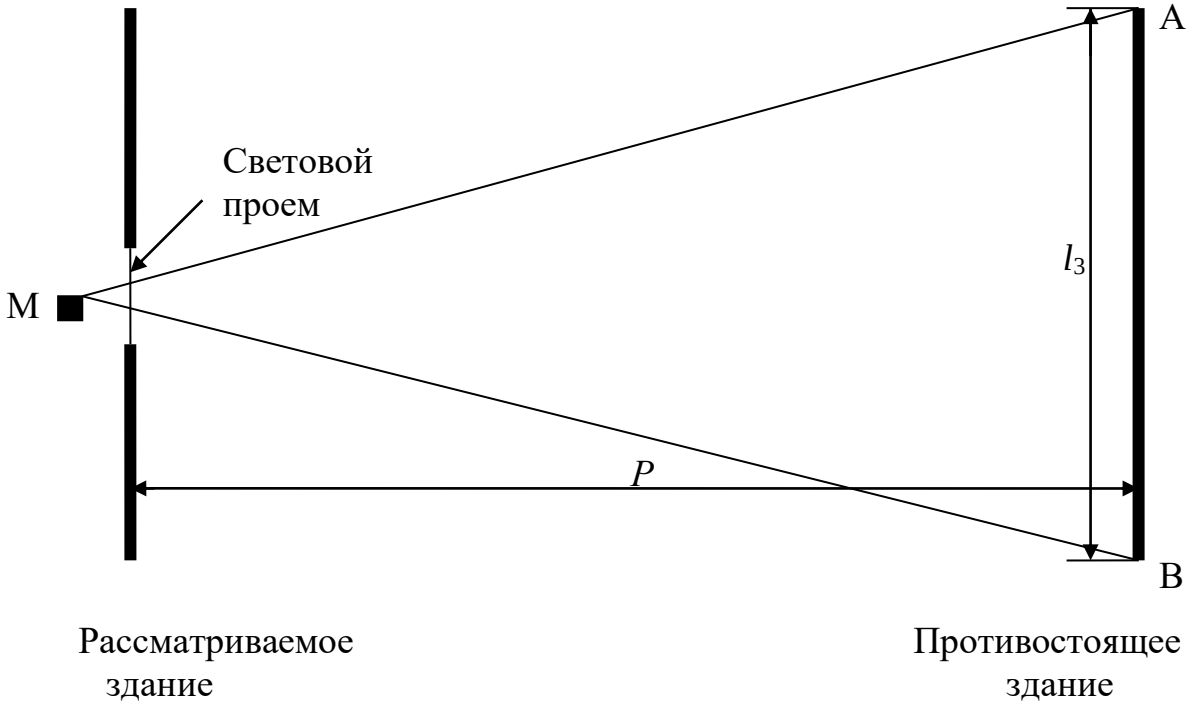


Рисунок 1.7 – План рассматриваемого и противостоящего здания

Расчетный коэффициент естественного освещения определяется по формуле

$$e_p = (\varepsilon_б q + R\varepsilon_{зд}) r_1 \frac{\tau_0}{K_з}, \quad (1.1)$$

где $\varepsilon_б$ – геометрический КЕО в расчетной точке при боковом освещении, учитывающий прямой свет неба;

q – коэффициент, учитывающий неравномерную яркость облачного неба (рисунок 1.8);

$\varepsilon_{зд}$ – геометрический КЕО в расчетной точке при боковом освещении, учитывающий свет, отраженный от фасада противостоящего здания;

R – коэффициент, учитывающий относительную яркость фасада противостоящего здания (таблица Б.6);

$K_З$ – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение в процессе эксплуатации (таблица Б.2);

τ_0 – общий коэффициент светопропускания;

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию (таблица Б.5).

Для определения большинства параметров необходимы предварительные расчеты. Рассмотрим их.

1 Для того чтобы определить коэффициент q по графику на рисунке 1.8, нужно найти угловую высоту β середины светопроема в градусах по рисунку 1.9. На рисунке изображен вертикальный разрез помещения и точка М, где определяется коэффициент естественной освещенности. Угол β определяется наклоном прямой МА, проведенной от рабочей точки М к середине светового проема, к полу помещения.

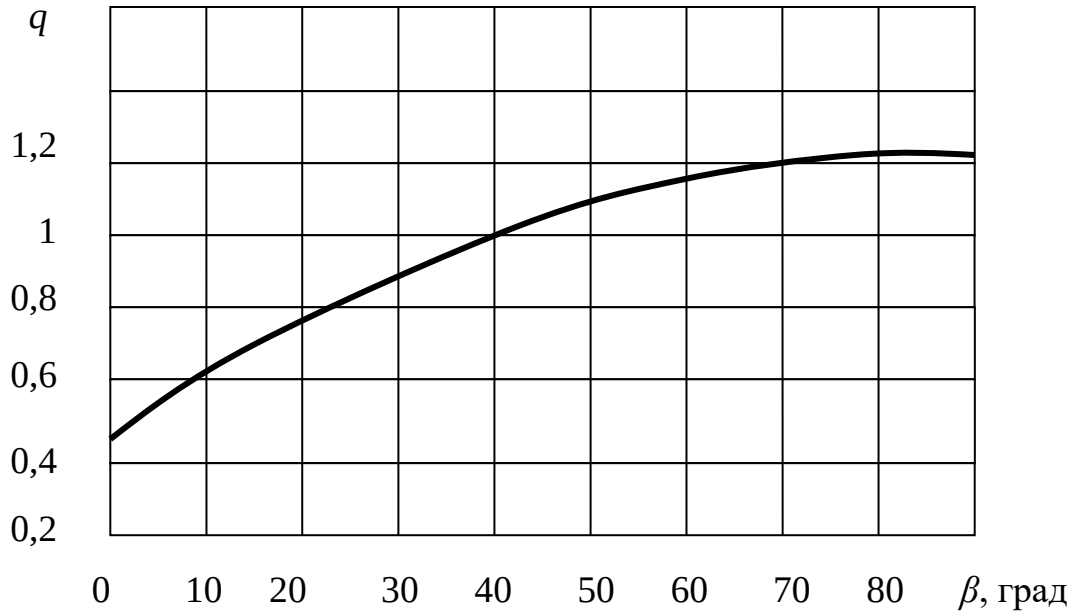


Рисунок 1.8 – График для определения значений коэффициента q, учитывающего неравномерную яркость облачного неба

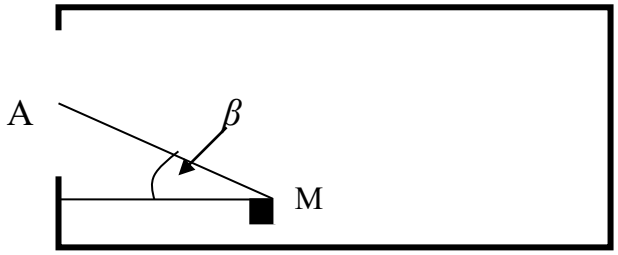


Рисунок 1.9 – Схема для определения угловой высоты β середины светопроема

2 Коэффициент R, учитывающий относительную яркость фасада противостоящего здания определяется следующим образом. Сначала рассчитывают индексы противостоящего здания: z_1 (размеры по рисунку 1.7) и z_2 (размеры по рисунку 1.6) по формулам

$$z_1 = \frac{l_3 l}{(P+l)l_0},$$

$$z_2 = \frac{H_{зд} l}{(P+l)h_1}.$$

Затем выбирают отделочные материалы фасада противостоящего здания, и по таблице Б.6 находят значение коэффициента.

3 Общий коэффициент светопропускания τ_0 определяется по формуле

$$\tau_0 = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5,$$

где τ_1 – коэффициент светопропускания материала (таблица Б.3);

τ_2 – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема (таблица Б.3);

τ_3 – коэффициент, учитывающий потери света в слое загрязнения остекления (принимается равным 0,8);

τ_4 – коэффициент, учитывающий затенение несущими конструкциями, при боковом освещении равен 1;

τ_5 – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, так же принимается равным 1.

4 Для определения коэффициента r_1 по таблице Б.5 необходимо рассчитать значение коэффициента ρ отражения внутренних поверхностей интерьера по формуле

$$\rho_{ср} = \frac{\rho_{ст} S_{ст} + \rho_{пт} S_{пт} + \rho_п S_п}{S_{ст} + S_{пт} + S_п},$$

где $\rho_{ст}$, $\rho_{пт}$, $\rho_п$ – коэффициент отражения стен, потолка и пола соответственно (определяются по таблице Б.4);

$S_{ст}$, $S_{пт}$, $S_{п}$ – площади стен, потолка и пола соответственно.

При определении площади стен $S_{ст}$ из нее вычитают площадь светового проема.

5 Для расчета геометрических КЕО $\varepsilon_б$ и $\varepsilon_{зд}$ пользуются графиками I и II и начерченными в нужном масштабе вертикальным разрезом и планом помещения, а так же вертикальным разрезом и планом помещение-противостоящее здание, по которым подсчитываются число лучей: для коэффициента $\varepsilon_б$ – n_1 по высоте и n_2 по ширине светового проема и для коэффициента $\varepsilon_{зд}$ – n_1' и n_2' соответственно.

Рассмотрим определение количества лучей подробнее.

На график I накладывается разрез помещения так, чтобы центр графика находился в расчетной точке М, а линия, соединяющая точку М и окно, была параллельна полу и совмещена с основанием графика. После этого подсчитывается общее количество лучей N, проходящих через световой проем, и находится номер окружности $N_{окр}$, которая проходит через центр окна.

Для определения количества n_1' лучей вертикальный разрез «помещение - противостоящее здание» накладывают на график I, устанавливая его так же, как и в предыдущем случае. Далее проводят от точки М в помещении прямую линию МК до карниза противостоящего здания и прямую МЗ до стены здания. Между двумя этими прямыми подсчитывают количество n_1' лучей, приходящих от противостоящего здания в рабочую точку.

Количество лучей n_1 находят по формуле

$$n_1 = N - n_1'.$$

Далее рассчитывается число лучей n_2. Для этого используется график II и план помещения. Нужно наложить план помещения на график так, что бы вертикаль в центре графика совпала с линией на плане, проходящей через ограждающую конструкцию со световыми проемами и точку М. Номер горизонтали на графике II, которая должна проходить через световые проемы, соответствует номеру окружности $N_{окр}$. В этом случае подсчитывается количество лучей N', укладывающихся в проем окна.

Для того чтобы правильно определить количество лучей n_2', идущих от противостоящего здания, необходимо рассчитать новое значение номера окружности $N'_{окр}$, так как изменился масштаб чертежей. Номер окружности изменяется во столько же раз, во сколько раз изменился масштаб на рисунке 1.7 по сравнению с рисунком 1.5, б.

Далее на график II накладывают план «помещение-противостоящее здание», устанавливая его так же, как и для подсчета N'. Проведя от точки М в помещении прямые линии до краев противостоящего здания (прямые МА и МВ на рисунке 1.7), определяют количество n_2' лучей между ними.

Количество лучей n_2 находят по формуле

$$n_2 = N' - n_2'.$$

Полученные значения количества лучей подставляют в формулы для вычисления геометрических КЕО $\varepsilon_б$ и $\varepsilon_{зд}$

$$\varepsilon_б = 0{,}01 n_1 n_2,$$

$$\varepsilon_{зд} = 0{,}01 n_1' n_2' .$$

Если против окон нет противостоящего здания, закрывающего часть небосвода, то значение коэффициента $\varepsilon_{зд}$ принимается равным нулю. Если противостоящее здание полностью закрывает небосвод, то коэффициент $\varepsilon_б$ становится равным нулю.

Все полученные значения коэффициентов подставляются в формулу (1.1). Расчетное значение коэффициента естественной освещенности округляется до десятых долей. Далее полученный результат сравнивается с табличным значением (нормированный коэффициент e_n) и делается вывод о естественном освещении помещения.

1.2.5 Порядок выполнения задания

1 Согласно варианту задания (таблица 1.6) начертить в соответствующих масштабах разрез и план помещения, а также разрез «помещение–противостоящее здание» и план «помещение–противостоящее здание». Все линейные размеры в метрах. Рассматривается нежилое помещение для всех вариантов.

2 Далее выбирается положение рабочей точки и определяются расстояние l рабочей точки в помещении (в центре помещения по плану), также в таблице 1.6 даны высота $h_{пер}$ перекрытия этажей, номер N этажа рассматриваемого помещения, высота $h_{п.э}$ первого этажа над уровнем грунта.

Рассчитывается высота H подоконника рассматриваемого помещения над уровнем грунта по формуле

$$H = h_{п.э.} + N \cdot h_{пер} + (N-1) \cdot H_п + h_п$$

и определяется расстояние $H_{зд}$ от подоконника рассматриваемого светового проема до карниза противостоящего здания как ($H_з$–H).

В таблице 1.6 размеры приведены в метрах.

3 Также необходимо записать отделку внутренних ограждающих конструкций и противостоящего здания (таблицы Б.4 и Б.6).

4 Выбрать по таблице Б.1 нормированное значение КЕО и занести в таблицу 1.6.

5 Произвести расчет коэффициента естественного освещения (по формуле 1.1).

6 Сравнить расчетное значение коэффициента КЕО с нормированным.

7 По результатам расчета сделать вывод о естественном освещении помещения.

Таблица 1.6 – Значения величин, необходимых для расчета, по вариантам (значения *l* берутся посередине помещения)

№	B	$l_п$	l	l_0	h_0	$h_п$	h_1	$H_{зд}$	$H_п$	P	$l_з$	$H_з$	$h_{пер}$	N этажа	$h_{п.э.}$	$e_п$
1	5	5		3	2	0,8			3,3	60	70	35	0,2	2	1	
2	6	5		3	2,5	0,8			4	-	-	-	0,2	3	1	
3	7	5,5		4	2	0,9			3,5	40	40	20	0,2	1	1	
4	10	6		5,5	2,5	0,9			4,2	50	50	25	0,2	2	1	
5	9	6		5	2	0,9			3,7	45	60	30	0,2	3	1	
6	5	4		3	2	1			3,3	40	70	25	0,2	2	0,2	
7	6	5		3	2,5	1			4	30	80	45	0,2	3	0,5	
8	7	5		4	2	0,9			3,5	45	45	10	0,2	1	0,7	
9	10	7		6	2,5	1			4,2	55	55	35	0,2	2	1,1	
10	9	5		4,5	2	0,9			3,7	40	65	15	0,2	3	1,2	

1.2 Расчет инсоляции

1.3.1 Нормирование инсоляции

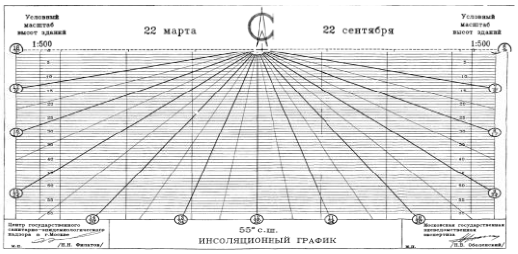
Нормирование, а, значит, и определенные требования к инсоляции, предъявляются при размещении объектов в проектах планировки и застройки микрорайонов, в проектах строительства и реконструкции зданий и сооружений и при осуществлении надзора за строящимися и действующими объектами. Учет всех требований норм инсоляции достигается размещением и ориентацией зданий по сторонам горизонта и объемно-планировочными решениями.

Нормативная продолжительность инсоляции устанавливается на определенные календарные периоды с учетом географической широты местности. Город Рязань находится в диапазоне нормативных широт 48° с.ш. – 58° с.ш. – центральная зона, поэтому инсоляция нормируется в период с 22 апреля по 22 августа.

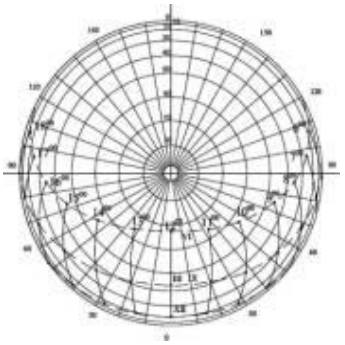
Нормируемая продолжительность непрерывной инсоляции для помещений жилых и общественных зданий центральной зоны должна обеспечиваться не менее 2 часов в день.

Во всех методах расчета продолжительности инсоляции не учитывается первый час после восхода и последний час перед заходом Солнца (для районов южнее 58° с.ш.).

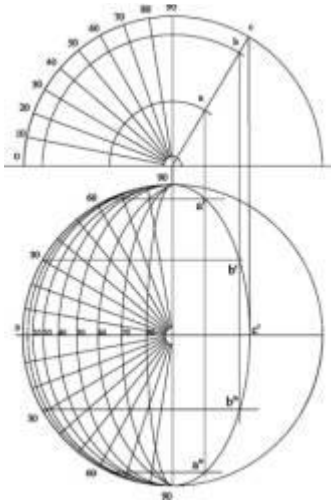
В графическом методе расчета используются следующие чертежи и схемы: инсоляционный график (рисунок 1.10, а), солнечные карты рисунок 1.10, б), вспомогательные контурные сетки для построения картограмм (рисунок 1.10, в), генпланы (рисунок 1.10, г), а также разрезы и планы исследуемых объектов (рисунок 1.10, д).



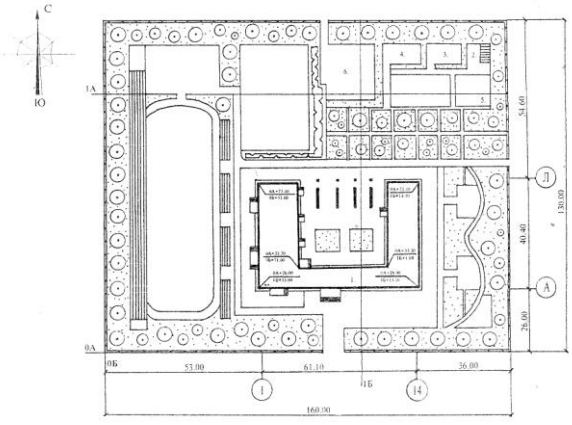
а)



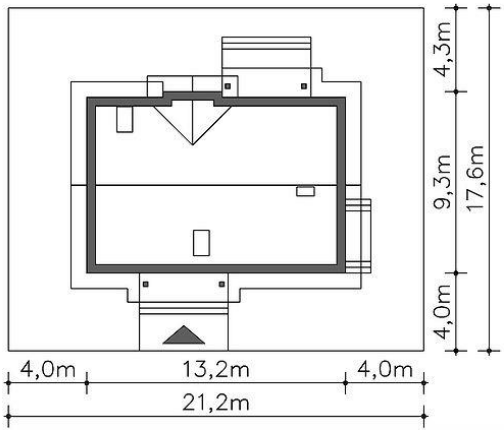
б)



в)



г)



д)

а) инсоляционный график; б) солнечная карта; в) вспомогательная контурная сетка; г) генплан; д) план исследуемого помещения

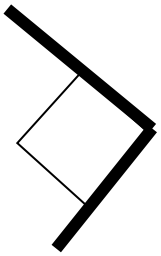
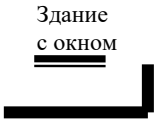
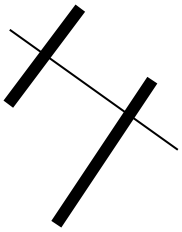
Рисунок 1.10 – Чертежи и схемы для графического метода расчета инсоляции

Солнечная карта представлена в приложении В.1. Для проведения расчетов необходимо ее распечатать и измерить диаметр. Инсографик представлен в приложении В.2. Его также распечатывают и определяют масштаб по горизонталям в дециметрах (в зависимости от высоты затеняющих объектов). Вспомогательная контурная сетка при двухстороннем расположении затеняющих объектов представлена в приложении В.3 (тоже необходимо распечатать).

Задание. Построить и (или) распечатать необходимые чертежи, графики и схемы согласно варианту задания для города Рязани (таблица 1.7). Размеры исследуемого и затеняющих объектов и масштаб чертежей выбираются самостоятельно. Расчет инсоляции требуемого объекта проводится согласно примерам.

В выводе необходимо сравнить расчетные значения времени инсоляции с нормируемыми.

Таблица 1.7 – Варианты задания

№ варианта	Задание			
	Исследуемый объект	Ориентация и расположение исследуемого объекта	Затеняющие объекты	Схема плана: С → Ю - направление север-юг
1	Инсоляция точки на территории с помощью картограмм	На территории внутри зданий, посередине	Линия С-Ю перпендикулярна зданиям, здания разной высоты и длины	
2	Окно, 1 этаж	Ось окна на восток	Два здания одной высоты, находящиеся под прямым углом к друг другу и смещенные от окна к югу	
3	Построение контура теней	Одно здание прямоугольной формы, торцы здания смотрят на запад и восток		
4	Построение контура теней	Одно здание прямоугольной формы, длинная сторона ориентирована на юго-запад		
5	Инсоляция точки на территории с помощью картограмм	На территории внутри: в вершине квадрата	Угловое здание, внешняя часть прямого угла направлена на юг	
6	Инсоляция точки на территории с помощью инсографика			
7	Окно, 1 этаж	Ось окна на запад	Угловое здание с разными уровнями, ориентировано длинной стороной на запад	
8	Построение контура теней	Одно здание прямоугольной формы, длинная сторона повернута на 60° от юга на восток		
9	Инсоляция точки на территории с помощью картограмм	В центре между зданиями	Два здания разной высоты и длины, параллельные друг другу, линия, перпендикулярная зданиям, направлена: 30° на запад от юга	
10	Инсоляция точки на территории с помощью инсографика			

1.3.2 Пример расчета инсоляции окна

Дан световой проем высотой 1,5 м, шириной 2 м, глубиной 0,5 м, ориентированный на юг. Противостоящие здание имеет сложную структуру и отстоит от рассматриваемого здания на расстоянии 10 м. Другие размеры на рисунке даны произвольно.

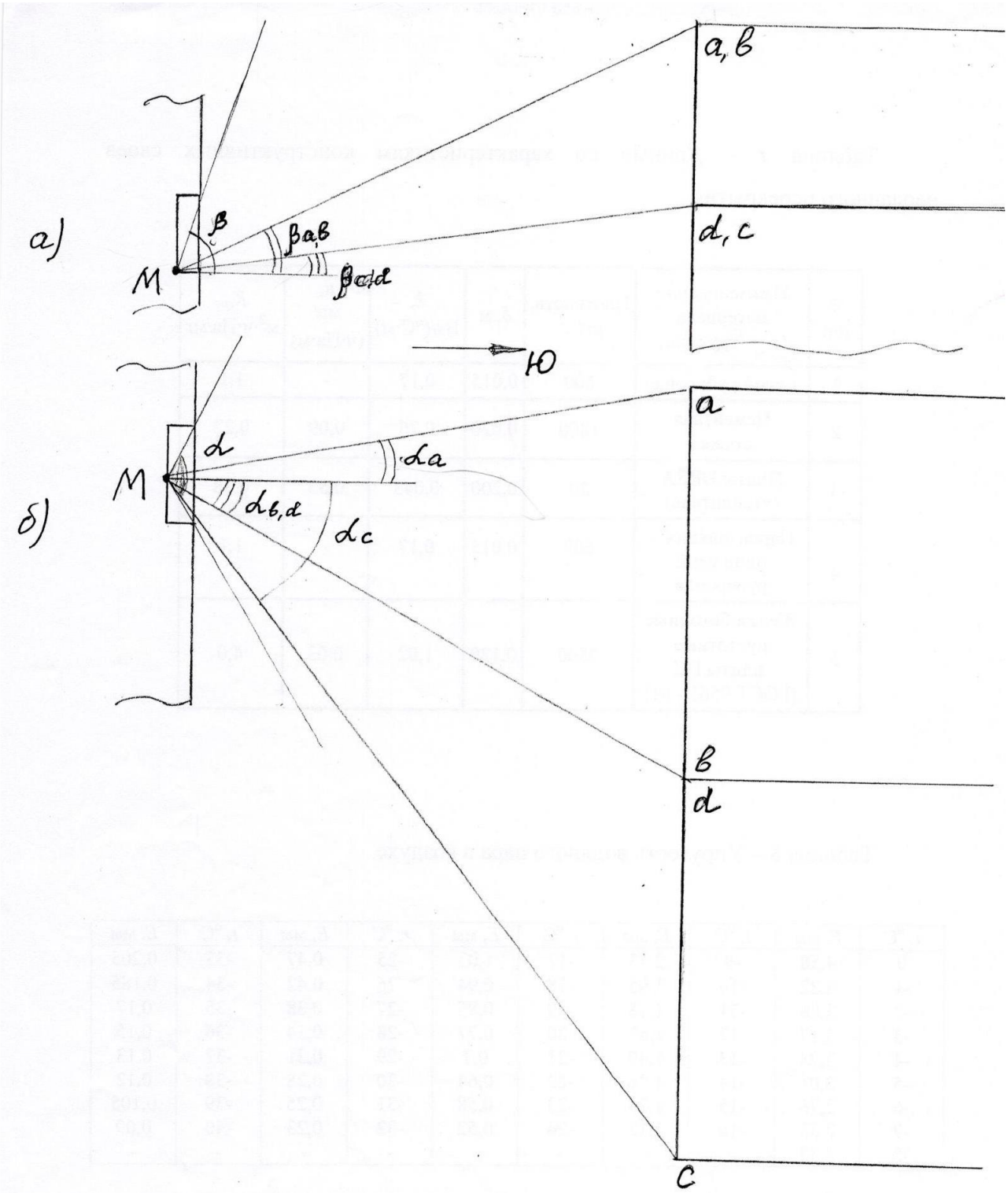
Для расчета необходимы солнечная карта и вспомогательная контурная сетка.

Выполним разрез и план проема и противостоящего здания в масштабе 1 см : 1 м (рисунок 1.11, а, б). На противостоящем здании обозначим углы *a, b, c, d*, а на световом проеме поставим точку М – с внутренней стороны середины подоконной части проема. Проведем лучи из точки М до углов здания *a, b, c, d* и до наружных сторон проема. Обозначим на разрезе углы *β,* на плане – *α,* соответственно с индексами углов здания. Измерим углы транспортиром и занесем в таблицу 1.8. На вспомогательной контурной сетке выставим соответствующие градусы: по дугам – вертикальные углы, по радиусам – горизонтальные углы. Соединим точки и заштрихуем фигуру (к меньшим градусам). Фигура показывает затенение. В результате получилась картограмма (рисунок 1.12).

Совместим центр картограммы и солнечной карты, а также нулевую линию картограммы с направлением на юг солнечной карты. После чего определяем время инсоляции светового проема: солнце будет светить в проем с 8 часов по 15 часов 40 минут, значит, время инсоляции при данных условиях равно 7 часов 40 минут, что больше нормативного значения. Противостоящее здание не затеняет помещение.

Таблица 1.8 – Значения инсоляционных углов

Точки и значения углов на противостоящем здании	*β*	*α*
a	27	10
b	27	30
c	9	53
d	9	30
Полные инсоляционные углы	72	130



а) разрез проема и противостоящего здания; б) план проема и противостоящего здания

Рисунок 1.11 – Схемы для расчета инсоляции светового проема

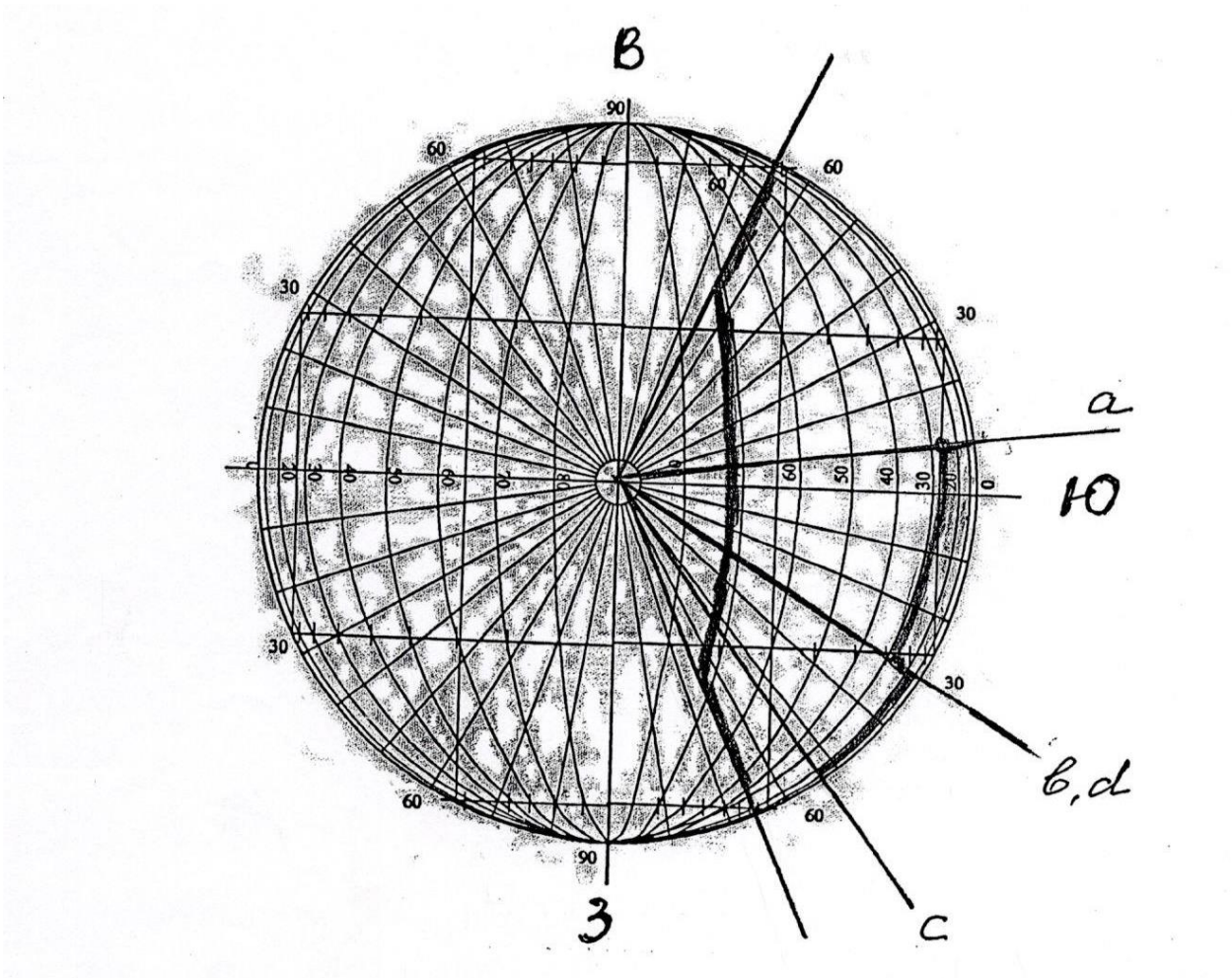


Рисунок 1.12 – Картограмма

1.3.3 Пример расчета инсоляции точки на территории с построением картограмм

Задана точка М, находящаяся между двумя зданиями: план (рисунок 1.13, а), разрез (рисунок 1.13, б). На плане показана юго-западная ориентация территории. Масштаб произвольный.

Через точку М на плане проведем линию, параллельную зданиям, на разрезе – вертикальную. Соединим точку М с углами зданий и обозначим их *a, b, c, d*. На плане обозначим углы α, на разрезе углы β.

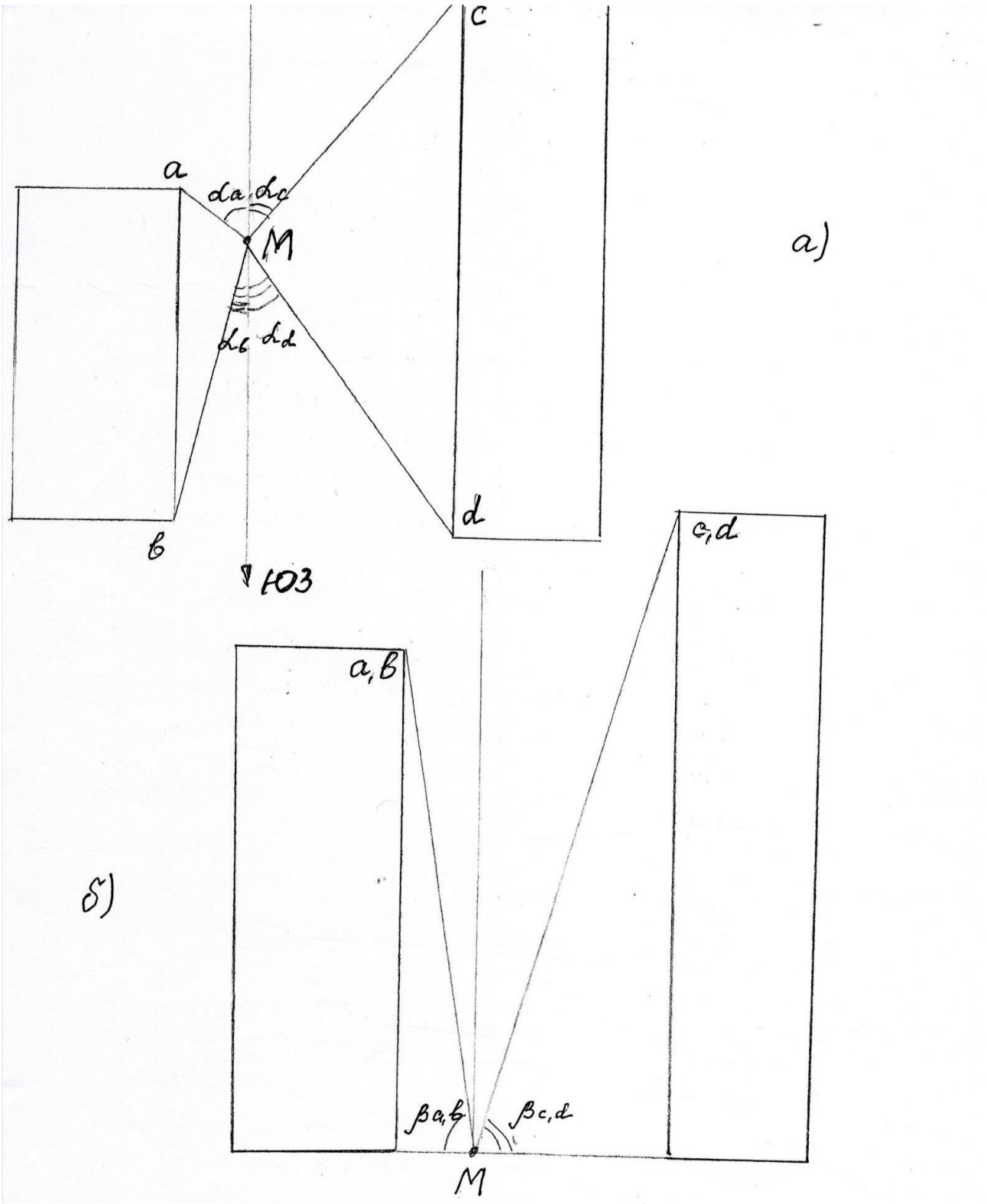
Измерим полученные углы транспортиром и занесем их значения в таблицу 1.9.

Далее необходимо использовать вспомогательную контурную сетку при двухстороннем противоположном расположении затеняющих зданий. На сетке выставим соответствующие градусы: по дугам – вертикальные углы, по радиусам – горизонтальные углы. Соединим дугам точки *a* и *b, c* и *d*. Продолжим радиусы от этих точек до внешней окружности и заштрихуем образовавшиеся фигуры. В результате получилась картограмма (рисунок 1.14). На картограмме радиус, проходящий через отметку в 90° и ближайший к точке В, указывает на юго-запад.

Совместим центр картограммы и солнечной карты, а также юго-западное направление картограммы с направлением на юго-запад солнечной карты. После чего определяем время инсоляции точки М на территории между двумя зданиями: солнце будет попадать на нее с 13.00 по 16.00, значит, время инсоляции при данных условиях равно 3 часам, что соответствует нормируемому значению.

Таблица 1.9 – Значения инсоляционных углов

Точки на зданиях и их углы	β	α
a	80	50
b	80	15
c	75	40
d	75	35



а) план; б) разрез

Рисунок 1.13 – Схема построения инсоляционных углов

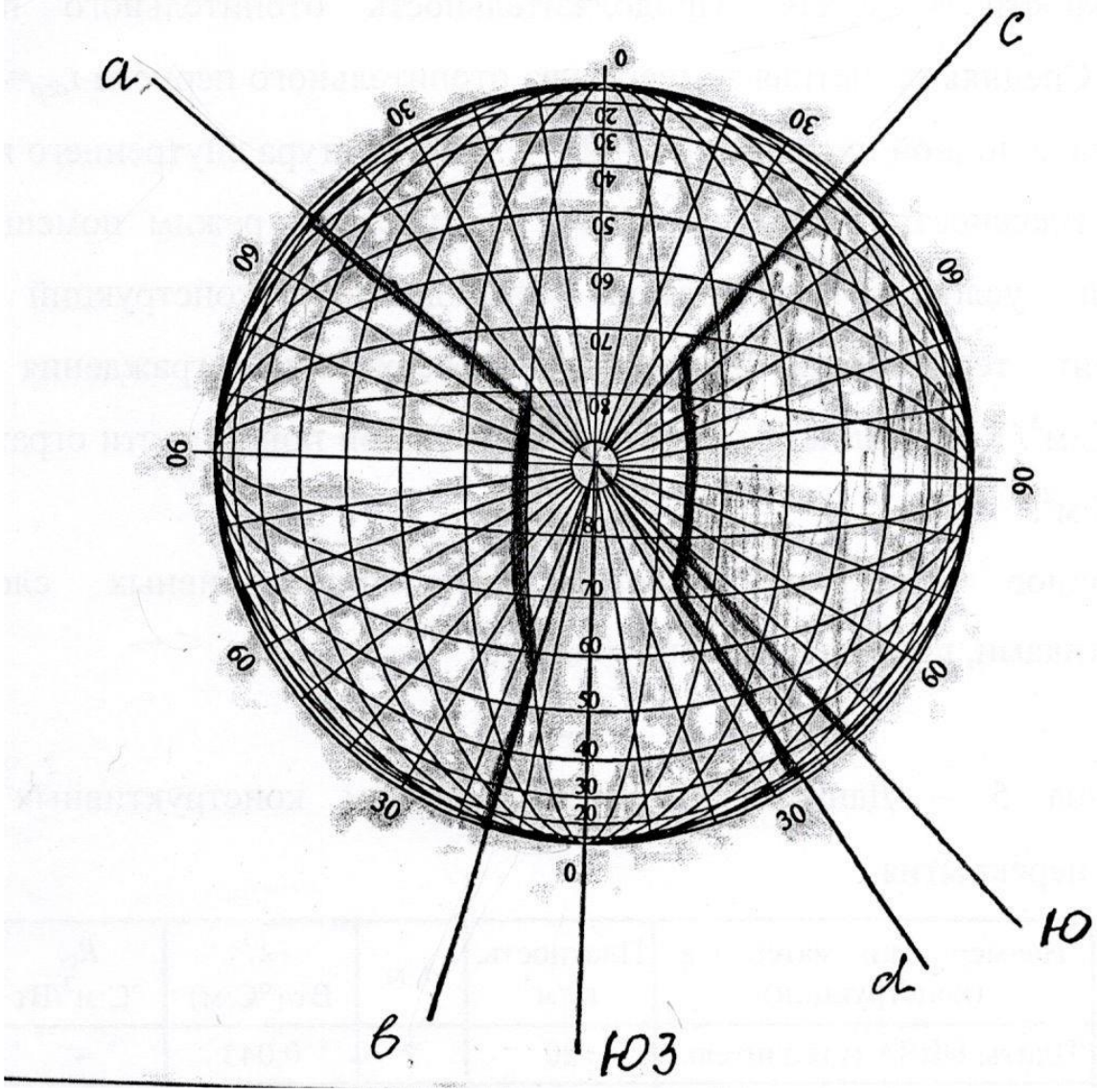


Рисунок 1.14 – Картограмма для точки на территории

1.3.4 Принцип построения тени от здания

Построим контур теней от здания высотой 30 м и длиной 50 м, расположенного по отношению к горизонту, как показано на рисунке 1.15.

Начертим план здания в масштабе в одном сантиметре 10 метров (обозначим углы здания А, Б, В, Г). Построим инсоляционный график и выберем масштаб по вертикали в одном сантиметре 100 дм (10 м) – 1:100, после чего по вертикали отметим линию 30 м или 300 дм – до этой линии будут идти все тени от заданного здания. Далее точку севера на инсографике совместим с точкой севера на здании, как показано на рисунке 1.15. Первые и последние два часа от восхода и до захода Солнца тени уходят достаточно далеко от здания, поэтому часы 6, 7, 17 и 18 не будем рассматривать (для семи часов это линии *а* и *в* на рисунке 1.15).

Девять часов.

По лучу «9 часов» отметим отрезок ВВ′. Из точки В′ параллельно длинной стене здания проведем линию. Из точки А параллельно ВВ′ проведем другую линию. Их пересечение обозначим А′. Контур А′АВ′А является контуром тени для девяти часов.

Шестнадцать часов.

По лучу «16 часов» отметим отрезок ВВ′′. Из точки А параллельно ВВ′′ проводим линию АА′′ так, чтобы ВВ′′=АА′′. Из точки А′′ проводим линию, параллельную АГ – стена здания, а из точки В′′ – линию, параллельную ВГ – стена здания. На пересечении этих двух линий ставим точку Г′′. Последовательно соединяем точки В, В′′, Г′′, А′′, А и получаем контур тени для 16 часов.

Для других часов построение ведется аналогичным образом.

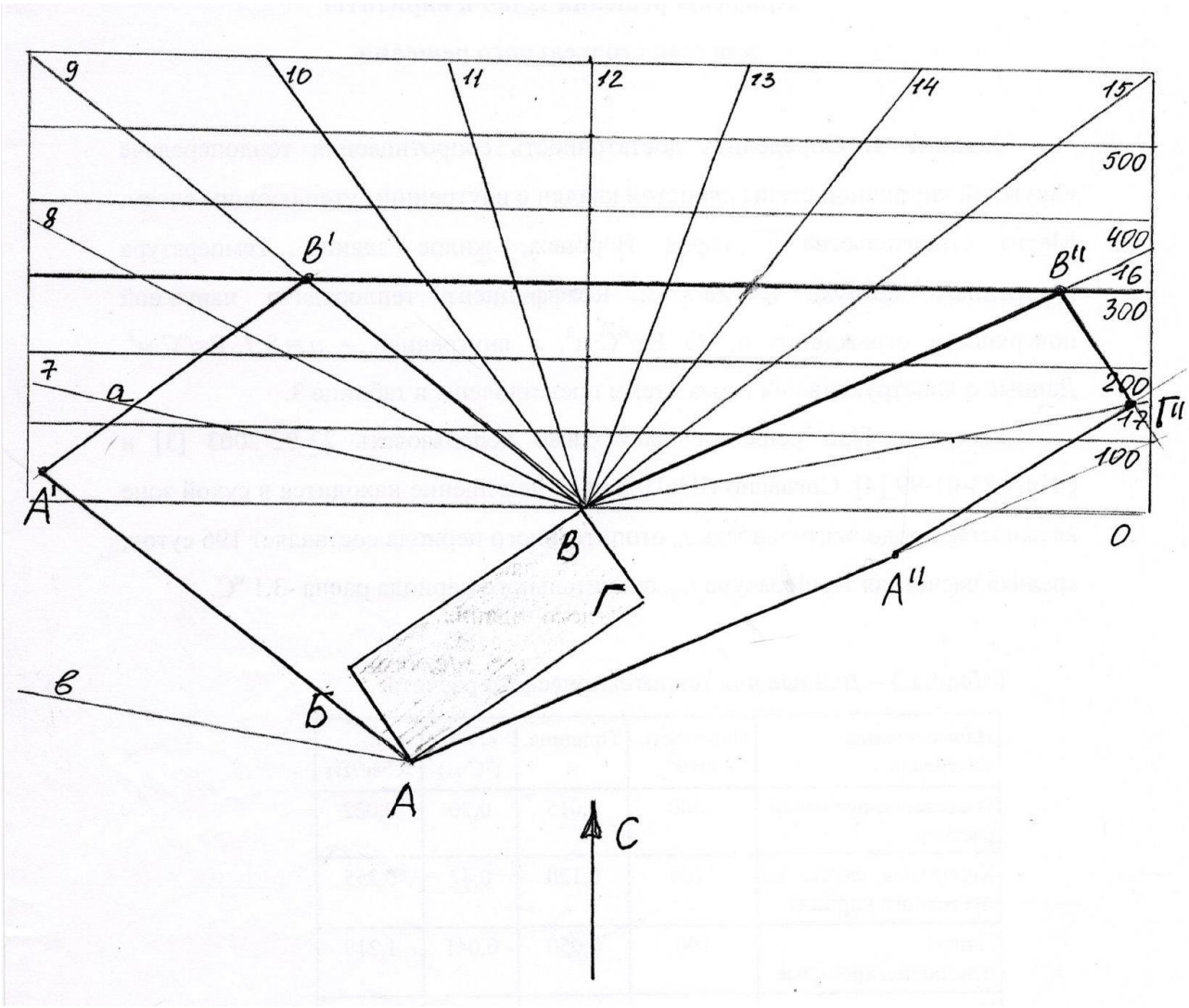


Рисунок 1.15 – Контуры теней

1.3.5 Определение инсоляции точки на территории с помощью инсографика

На рисунке 1.16 изображен план территории с инсолируемой точкой М и двумя затеняющими зданиями № 1 (высота 50 м) и № 2 (высота 30 м). Направление юг-север указано стрелкой. Масштаб 1:100. Инсографик должен иметь такой же масштаб.

Первый и последний часы на инсографике не учитываются.

Наложим точку севера на инсографике на точку М так, чтобы южные направления совпали. На инсографике выделить отрезки, пересекающие линии 50 м для здания № 1 и 30 м для № 2. Заштриховать здания от этих линий в сторону нулевой отметки. Заштрихованные части зданий будут затенять точку М. Таким образом, инсоляция точки М будет начинаться в 9.00 и заканчиваться в 13.30, всего 4 часа 30 минут. Эта величина больше нормируемого значения.

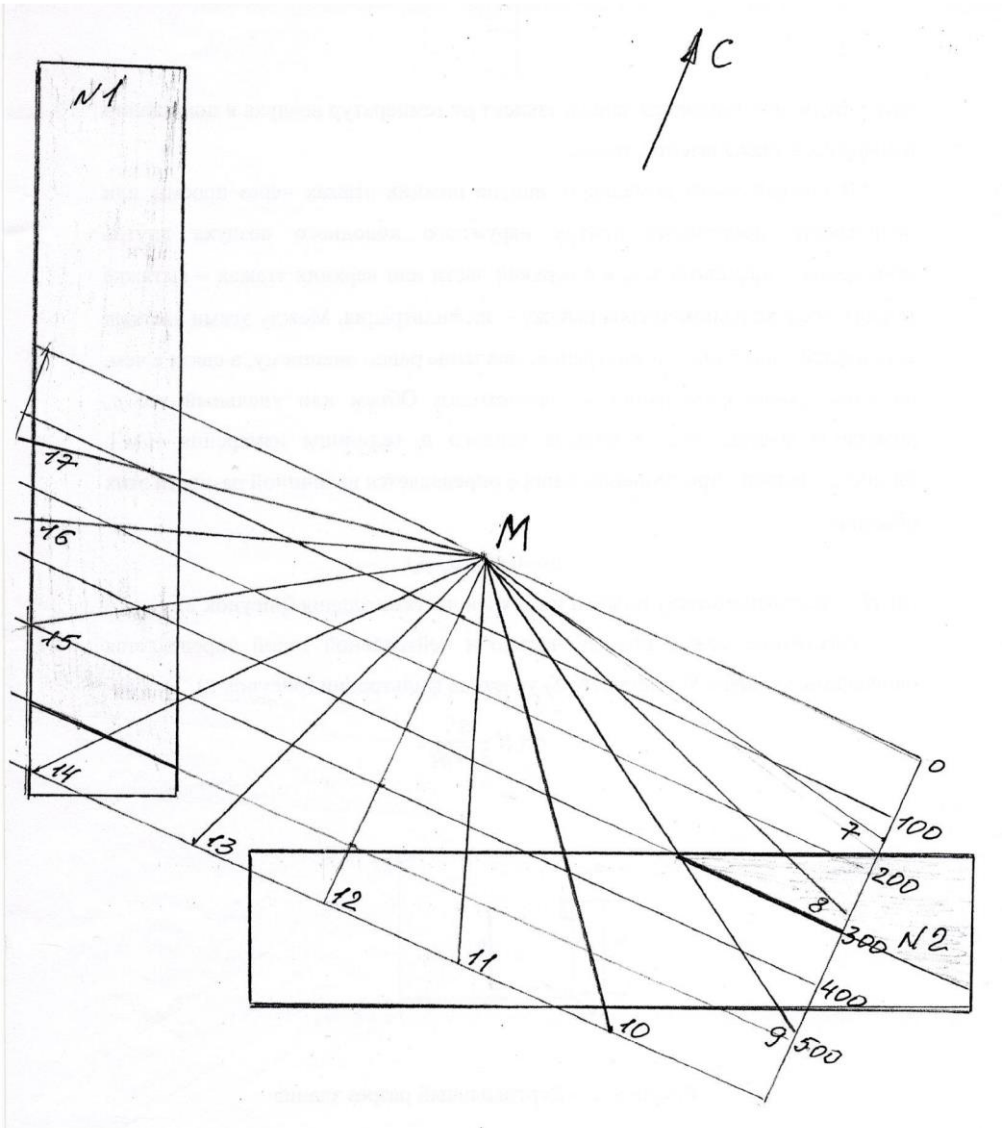


Рисунок 1.16 – Определение инсоляции точки на территории с помощью инсографика

1.4 Акустический расчет залов различного назначения

1.4.1 Задание для выполнения акустического расчета

На основе приведенной методики выполнить акустический расчет зала согласно номеру варианта (таблица 1.10). Для определения ряда величин необходимо пользоваться приложением Г.

Таблица 1.10 – Варианты задания

№ варианта	Назначение зала	Число зрителей (слушателей)
1	Драматический театр	700
2	Лекционная аудитория	150
3	Зал для симфонической музыки	1000
4	Конференц-зал	250
5	Зал многоцелевого назначения	450
6	Драматический театр	800
7	Лекционная аудитория	100
8	Зал для симфонической музыки	800
9	Конференц-зал	200
10	Зал многоцелевого назначения	500

1.4.2 Основные архитектурно-строительные параметры зала

Условиями обеспечения достаточно диффузного звукового поля являются соответствующие пропорции зала, непараллельность стен, равномерное распределение звукопоглотителя и членение необходимой части внутренних поверхностей.

Каждый тип зала имеет рекомендуемую максимальную вместимость (количество N зрителей), удельный объем $V_{уд}$ (отношение объема V зала к количеству N) и максимальную длину (таблица 1.11).

Объем зала определяется пропорциями: длиной l, шириной $в$, высотой h. При расчетах используют соотношения между этими параметрами

$$1{,}3 \le \frac{l}{в} \le 1{,}6, \qquad 1{,}3 \le \frac{в}{h} \le 1{,}6. \tag{1.2}$$

Залы в плане обычно имеют форму трапеции с углом раскрытия боковых стен от 5° до 12°.

В залах вместимостью более 500 человек устраивают балконы, что сокращает длину зала и повышает его диффузность (особенно на низких

частотах, на которых обычные элементы отделки не дают нужного рассеивания).

Таблица 1.11 – Рекомендуемые параметры различных залов

Вид зала	Максимальная вместимость, человек	Удельный объем, $м^3$/человек	Максимальная длина (без авансцены), м
Лекционные и конференц-залы	400	4-5	25 (20)
Музыкально-драматические театры	1200	5-7	28 (25)
Драматические театры	1200	4-6	30 (27)
Театры оперы и балета	1500	6-8	37 (35)
Концертные залы: Камерные Симфонические	 400 2000	 6-8 8-10	 20 45
Залы для хорового пения	2000	10-12	46
Кинозалы	-	4-5	45 (в летних – 60)
Многоцелевого назначения	1000	4-6	34 (32)
Залы современной эстрадной музыки	2500	4-6	50

На рисунке 1.17 представлена геометрия задней стены зала с балконом. Для его конструкции характерны следующие соотношения

$$a_1 / h_1 \le 1{,}5, \qquad a_2 / h_2 \le 2, \tag{1.3}$$

где a_1 – вынос балкона;

h_1 – средняя высота подбалконной пазухи;

a_2 – вынос балкона по верхней его части;

h_2 – средняя высота балкона по отношению к потолку.

Пол партера и балкона должен иметь профиль, обеспечивающий хорошую видимость сцены, а также это важно для акустики, что связано с уменьшением поглощения прямого звука при его распространении над сидящими слушателями. Для этого сцена поднимается над полом не менее чем на 1 м. Подъем партера рассчитывается по 12-14 см на один ряд, а уровень ушей слушателей при расчете акустики зала берется 1,2 м от пола. Высоты h'_1 и h'_2 стены под и над балконом берут порядка 2,2 м (рисунок 1.17).

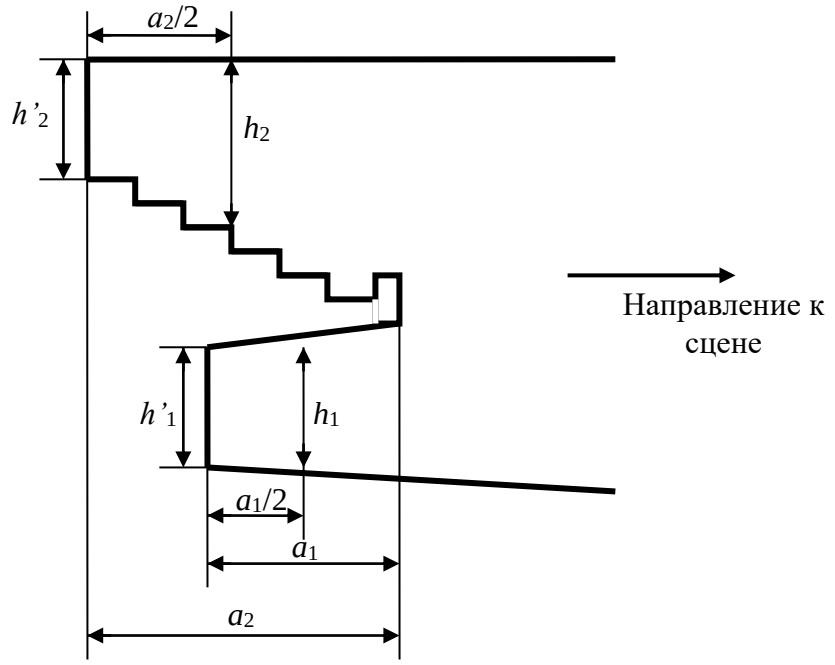


Рисунок 1.17 – Разрез части зала с балконом

В партере и на балконе устраивают проходы порядка 0,9-1 м на балконах и до 1,3 м в партере. Авансцену обычно выносят в сторону зала на 2 м.

Отделка зала рассматривается как на основе эстетических норм, так и на основе акустических характеристик.

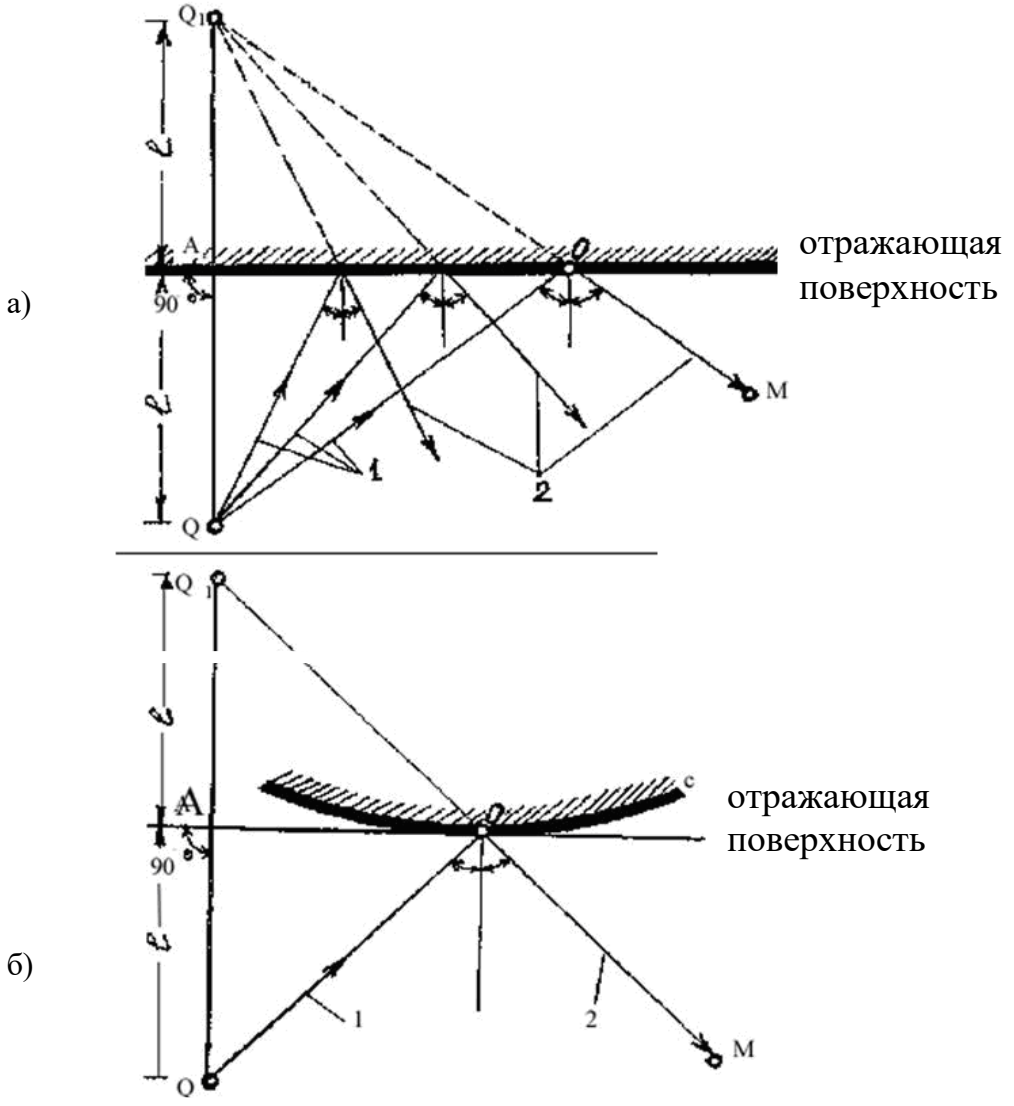
1.4.3 Анализ звукового поля на основе геометрической акустики

С помощью геометрической акустики проводится оценка формы и размеров зала, анализируется структура первых отражений и распределение этих отражений по всей площади зрительных мест. Для этого чертятся план и разрез помещения и в них проводятся прямые и отраженные звуковые лучи до соответствующих точек в зале, то есть осуществляется построение «лучевого эскиза». Построения в геометрической акустике производят так же, как и в геометрической оптике.

При построении геометрических отражений от плоскости удобен прием, показанный на рисунке 1.18, а. Здесь используется мнимый источник Q_1, симметричный действительному точечному источнику Q звука (симметрия относительно отражающей плоскости). Для построения мнимого источника надо опустить из точки Q перпендикуляр QA на отражающую плоскость и на продолжении его отложить отрезок AQ_1, равный отрезку QA. Прямые, проведенные из мнимого источника Q_1, после пересечения ими отражающей плоскости, удовлетворяют условию равенства углов падения и отражения.

Метод мнимых источников применим и при построении отражений от кривых поверхностей (рисунок 1.18, б). Если требуется найти отражение от какой-либо точки *O* кривой поверхности *c* при заданном положении источника Q, то следует в точке *O* построить касательную плоскость к этой

поверхности. Мнимым источником в этом случае является точка Q_1, симметричная источнику Q относительно касательной. Отрезок *О*М (продолжение прямой Q_1O) после пересечения с поверхностью *с* является искомым отраженным лучом. Здесь для каждой точки *О* отражающей поверхности нужно находить свой мнимый источник Q_1 в отличие от ранее рассмотренного случая с ровной плоскостью.



а – отражение от плоскости; б – отражение от кривой поверхности
(1 – прямые лучи, падающие на поверхность, 2 – отраженные звуковые лучи)

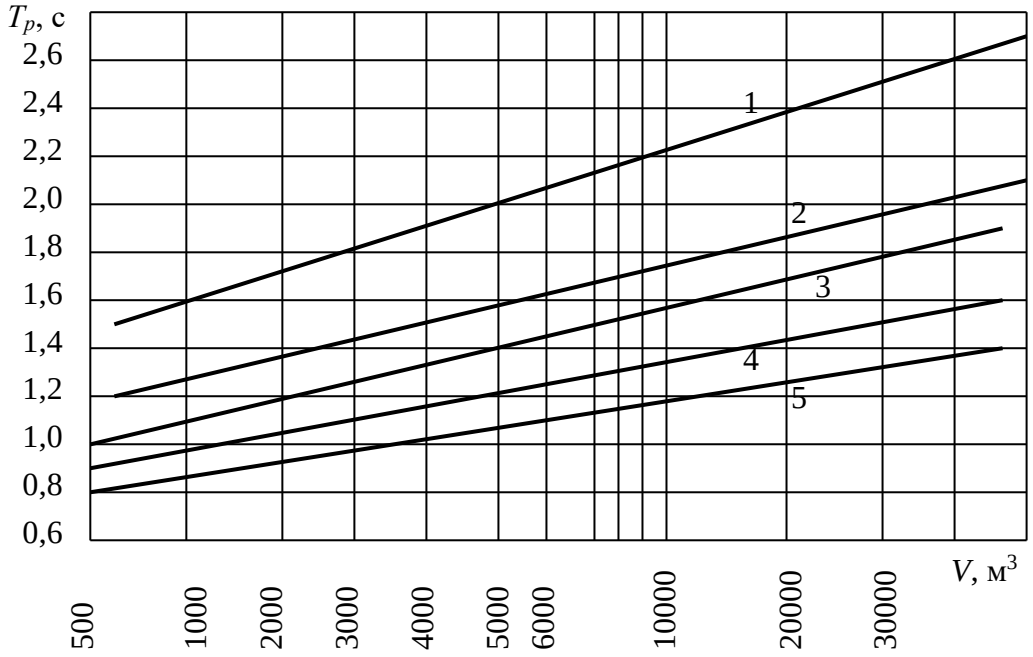
Рисунок 1.18 – Построение геометрических отражений
звуковых лучей с помощью мнимого источника

1.4.4 Определение времени реверберации

При проектировании концертных и оперных залов, а также залов, в которых применяются различные узкополосные звукопоглотители, расчет времени реверберации следует проводить на частотах 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц, для других залов – 125, 500, 2000 Гц.

Оптимальные величины времени реверберации T_p в диапазоне от 500 до 1000 Гц для залов различного назначения в зависимости от объема V приведены на рисунке 1.19. Значения времени определяются по графикам, но допускается ряд отклонений от оптимальной величины:

- на частотах 500, 1000, 2000 Гц - ±10 %;
- на частотах 125, 250 Гц - увеличение на 20 %.



1 – залы для ораторий и органной музыки; 2 – залы для симфонической музыки; 3 – залы для камерной музыки, залы оперных театров; 4 – залы многоцелевого назначения, спортивные залы; 5 – лекционные залы, залы заседаний, залы драматических театров, кинозалы, пассажирские залы

Рисунок 1.19 – Рекомендуемое время реверберации на средних частотах

Кроме этого рекомендуется скорректировать полученные значения для времени реверберации:

а) для лекционных аудиторий, конференц-залов рекомендуется уменьшить время реверберации на частоте 125 Гц на 15 %;

б) залы, в которых исполняемые музыкальные произведения характеризуются быстрыми ритмами и особенно с применением средств электроакустики, время реверберации рекомендуется уменьшить на 10-20 %;

в) залы, которые используются для музыкальных постановок, проведения собраний и спектаклей (многоцелевые залы), должны иметь разное время

реверберации на разных частотах: для частоты 2000 Гц берется такое же время реверберации, как и на частоте 500 Гц, а на частоте 125 Гц допускается его увеличение до 20 % (чем больше представлений и концертов с музыкальным исполнением, тем больший процент следует брать). Если значение времени реверберации получится меньше рекомендуемого, то нужно увеличить объем зала, если больше – рассмотреть возможность уменьшения объема и увеличения звукопоглощения.

1.4.5 Порядок расчета времени реверберации

1. Расчет общей эквивалентной площади звукопоглощения (ЭПЗ).

Общая ЭПЗ для выбранной частоты находится по формуле

$$A_{общ} = \sum \alpha_i S_i + \sum A_к + \alpha_д S_{общ}, \qquad (1.4)$$

где $\sum \alpha_i S_i$ – сумма произведений площадей S (м^2) отдельных поверхностей на их коэффициент α звукопоглощения для данной частоты (i – количество поверхностей);

$\sum A_к$ – сумма ЭПЗ слушателей и кресел, которая рассчитывается по формуле (1.5), м^2;

$\alpha_д$ – коэффициент добавочного звукопоглощения, учитывающий добавочное звукопоглощение, вызываемое проникание звуковых волн в различные щели и отверстия, колебаниями разнообразных гибких элементов, поглощением звука осветительной арматурой и другим оборудованием зала;

$S_{общ}$ – площадь всех внутренних поверхностей помещения (стены, потолок, пол, сцена), м^2.

Коэффициент добавочного звукопоглощения залов в среднем может быть принят равным 0,09 на частоте 125 Гц и 0,05 – на частотах 500, 1000, 2000 Гц. Для залов, в которых сильно выражены условия, вызывающие добавочное звукопоглощение (например, многочисленные щели и отверстия на внутренних поверхностях зала, многочисленные гибкие элементы – абажуры и панели светильников), следует эти значения увеличить на 30 %, а в залах, где эти условия выражены слабо, на 30 % уменьшить.

Сумма ЭПЗ слушателей и кресел

$$\sum A_к = 0{,}7NA_с + 0{,}3NA_{б/с}, \qquad (1.5)$$

где первое слагаемое соответствует 70 % кресел зала, заполненных слушателями, а второе – 30 % пустых кресел в зале;

N – общее число кресел в зале;

$A_с$ и $A_{б/с}$ – эквивалентная площадь звукопоглощения для кресел в зале со зрителями и без них соответственно.

Чтобы время реверберации меньше зависело от процента заполнения мест, следует оборудовать зал мягкими или полумягкими креслами, обитыми воздухопроницаемой тканью.

После нахождения $A_{общ}$ подсчитывается средний коэффициент $\alpha_{ср}$ звукопоглощения внутренней поверхности зала на выбранной частоте

$$\alpha_{ср} = \frac{A_{общ}}{S_{общ}}. \quad (1.6)$$

2. Расчет времени реверберации для выбранных частот.

В большинстве случаев расчет времени реверберации достаточно произвести на трех частотах 125, 500 и 2000 Гц по формуле

$$T_p = \frac{0{,}163V}{\varphi(\alpha_{ср})S_{общ} + nV}, \quad (1.7)$$

где $\varphi(\alpha_{ср})$ – функция среднего коэффициента звукопоглощения;

n – коэффициент, учитывающий затухание звука в воздухе (в октавных полосах 125-1000 Гц n=0, в октаве 2000 Гц – n=0,009, в октаве 4000 Гц – n=0,022).

При вычислении по формуле (1.7) время реверберации получается в секундах, окончательный результат округляется до сотых долей секунд.

1.4.6 План акустического расчета залов

1 Определение воздушного объема зала и его линейных размеров.

2 Корректировка объема зала.

3 Расчет размеров балкона и подъема зрительных мест.

4 Построение плана и разреза зала.

5 Построение лучевого эскиза. Корректировка конфигурации потолка, выбор членения и звукопоглощения.

6 Определение времени запаздывания звука.

7 Расчет времени реверберации.

8 Корректировка размеров зала и повторный расчет времени реверберации (если необходимо).

9 Вывод: сравнение расчетных и теоретических параметров и выработка рекомендации по их корректировке, устранению недостатков, а также по выбору отделочных материалов ограждающих конструкций и внутреннему виду зала.

В таблице 1.12 приведены нормативы для акустического расчета залов разного назначения.

Таблица 1.12 – Данные для акустического расчета зала

Параметры	Норматив
Удельный объем	Таблица 1.11
Угол раскрытия боковых стен	5-12°
Шаг рядов, м	0,9-1
Ширина кресла, м	0,5
Вынос авансцены, м	2
Проход между авансценой и первым рядом, м	1,5
Центральные проходы в партере, м	1,2-1,3
Подъем партера на один ряд, см	12-14
Проходы на балконе, м	0,9-1
Уровень ушей слушателей над уровнем пола, м	1,2
Высота сцены, м	1
Источник звука, находящийся по центру авансцены, высотой, м	1,5
Подъем на балконе на один ряд, см	25-30
Высота балкона над полом по задней стене, м	Не менее 2,2
Высота стены над балконом, м	Не менее 2,2
Минимум высоты потолка над авансценой, м	6-7
Радиус действия прямого луча, м: -речь -музыка	 8-9 10-12
Теоретическое время реверберации	Рисунок 1.19
Допустимое время запаздывания, мс: - речь -музыка -многофункциональные залы	 20-25 30-35 25-30

1.4.7 Пример акустического расчета зрительного зала драматического театра на 750 мест

1 По таблице 1.11 определяется удельный объем $V_{уд}$ для зала драматического театра – 4,5 м^3/чел. В этом случае объем зала равен $V=NV_{уд}=750 \cdot 4{,}5=3375$ м^3 (на много меньше допустимого).

Из соотношений (1.2) определим геометрические размеры зала $l=1{,}5b$, $b=1{,}4h$. Найдем размеры зала в соответствии с его объемом

$$V = lbh = \frac{1{,}5b^3}{1{,}4}, \quad b = 14{,}7 \ м, \quad l = 22 \ м, \quad h = 10{,}5 \ м.$$

2 Скорректируем размеры зала. Для этого из таблицы 1.12 выберем ширину проходов: около авансцены – 1,5 м, по центру вдоль зала – 1,3 м, по центру поперек зала – 1,2 м; шаг рядов – 0,9 м; ширина кресла – 0,5 м; ширина авансцены – 2 м. Найдем количество n рядов и число n' мест (кресел) в одном ряду

$$n = \frac{22 - 2 - 1{,}5 - 1{,}2}{0{,}9} = 19{,}22 \approx 20,$$

$$n' = \frac{14{,}7 - 1{,}3}{0{,}5} = 26{,}8 \approx 27.$$

Рассчитаем новую длину зала 20·0,9+2+1,5+1,2=22,7 м и новую ширину зала по центру 27·0,5+1,3=14,8 м.

Возьмем угловое расхождение боковых стен зала по 10° с каждой стороны, тогда зал примет форму трапеции (рисунок 1.20). Определим ширину зала по авансцене b_a и по задней стене $b_з$

$$b_a = в - a = 14{,}8 - 22{,}7tg10 = 11{,}2,$$

$$b_з = в + a = 14{,}8 + 22{,}7tg10 = 18{,}4.$$

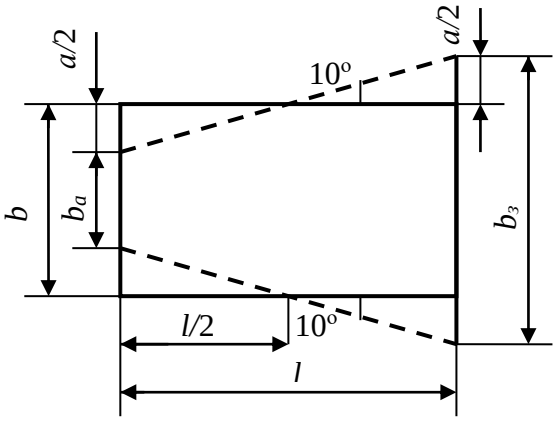


Рисунок 1.20 – Схематическое изображение плана зала

Новый объем зала находим для той же высоты, но в плане в виде трапеции:

$$V = \frac{11{,}2 + 18{,}4}{2} 22{,}7 \cdot 10{,}5 = 3527{,}6 \ м^3,$$

при этом удельный объем также будет укладываться в норму (4,55 м^3/чел.).

3 Рассмотрим устройство балкона. Чтобы определить его размеры, нужно рассчитать количество мест на нем с учетом количества N' зрителей в партере

$$N' = nn' = 20 \cdot 27 = 540.$$

Таким образом, на балконе нужно разместить 210 зрителей. Возьмем на балконе 6 рядов, тогда его вынос от задней стены будет равен 6·0,9=5,4 м. Сделаем на балконе два прохода по 1 м. Найдем ширину $b_б$ балкона по передней стене (рисунок 1.21)

$$b_б = b_з - 2 \cdot 5{,}4tg10 = 18{,}4 - 10{,}8tg10 = 16{,}7 \ м.$$

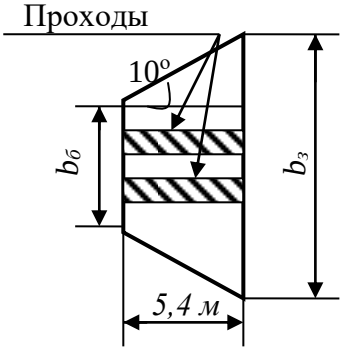


Рисунок 1.21 – Схематическое изображение плана балкона

Вычислим площадь балкона

$$S_б = \frac{b_б + b_з}{2} 5{,}4 = \frac{16{,}7 + 18{,}4}{2} 5{,}4 = 94{,}77.$$

Площадь на одно кресло – 0,5·0,9=0,45 м^2, а площадь проходов – 2·1·5,4=10,8 м^2, тогда площадь пола балкона под всеми креслами равна 94,77-10,8=83,97 м^2 и количество получившихся мест – 83,97/0,45=186.

Осталось разместить 24 кресла. Углубим балкон на один ряд. В этом ряду можно сделать 28 кресел: (18,4-2)/0,5=28.

Используя соотношения 1.3 и рисунок 1.17 определим другие размеры балкона

$$h_1 = \frac{a_1}{1{,}5} = \frac{5{,}4}{1{,}5} = 3{,}6 \ м,$$

$$h_2 = \frac{a_2}{2} = \frac{7 рядов \cdot 0{,}9}{2} = 3{,}15 \ м.$$

Определим подъем зрительных мест в партере и на балконе (таблица 1.12)

$$20 рядов \cdot 0{,}14 \ м = 2{,}8 \ м,$$

$$7 рядов \cdot 0{,}25 \ м = 1{,}75 \ м.$$

4 Все полученные в пунктах 1-3 значения занесем в таблицу 1.13 и начертим разрез и план зала в приемлемых масштабах (рисунки 1.22 и 1.23 – без масштаба). При этом необходимо учесть, что по ним будет строиться лучевой эскиз, поэтому надо оставить место на листе для мнимых источников.

Таблица 1.13 – Линейные размеры зала, м

l	b	h	$b_а$	$b_з$	a_1	a_2	h_1	h_2	$h_{пар}$	$h_б$	h'_1, h'_2
22,7	14,8	10,5	11,2	18,4	5,4	6,3	3,6	3,15	2,8	1,75	2,2

Для лучшей акустики нужно изменить наклон потолка, а также установить высоту над авансценой порядка 7 м. Геометрию козырька над авансценой и скос потолка около задней стены проверяются при акустическом расчете.

С помощью разреза необходимо проверить, укладывается ли по высоте зала все величины, рассчитанные по задней стене.

В центр авансцены помещается источник звука высотой 1,5 м (таблица 1.12). На плане (рисунок 1.23) начерчены линии от исполнителя до боковой стены – ограждающая конструкция, которых нет на разрезе (рисунок 1.22). На лучевом эскизе разреза зала они не приведены, чтобы не загромождать чертеж. Но в любом случае их учитывают при измерении отраженных лучей. Точки 1, 2, 3, 4 выбираются в соответствующих зонах зала.

5 Построим лучевой эскиз.

Согласно методике построения лучевого эскиза выберем четыре точки в зале и построим прямые и отраженные лучи (рисунки 1.22 и 1.23). Рассмотрим полученные эскизы.

Рисунок 1.22:

- в зону до 9 метров попадают отраженные лучи от поверхностей а и б потолка, поэтому нужно изменить наклон поверхности а и удлинить ее;
- поверхность в дает отраженные лучи только в последний ряд балкона (точка 5), поэтому ее можно и не рассматривать.

Рисунок 1.23:

- в зону до 9 метров попадают отраженные лучи от боковой стены, поэтому нужно продумать звукопоглощающие материалы.

Но прежде чем вводить эти изменения, необходимо произвести расчет времени запаздывания и сравнить полученные значения с требуемым – 25 мс, если указанные недостатки еще подтвердятся и этим расчетом, то предложенные меры необходимо выполнить.

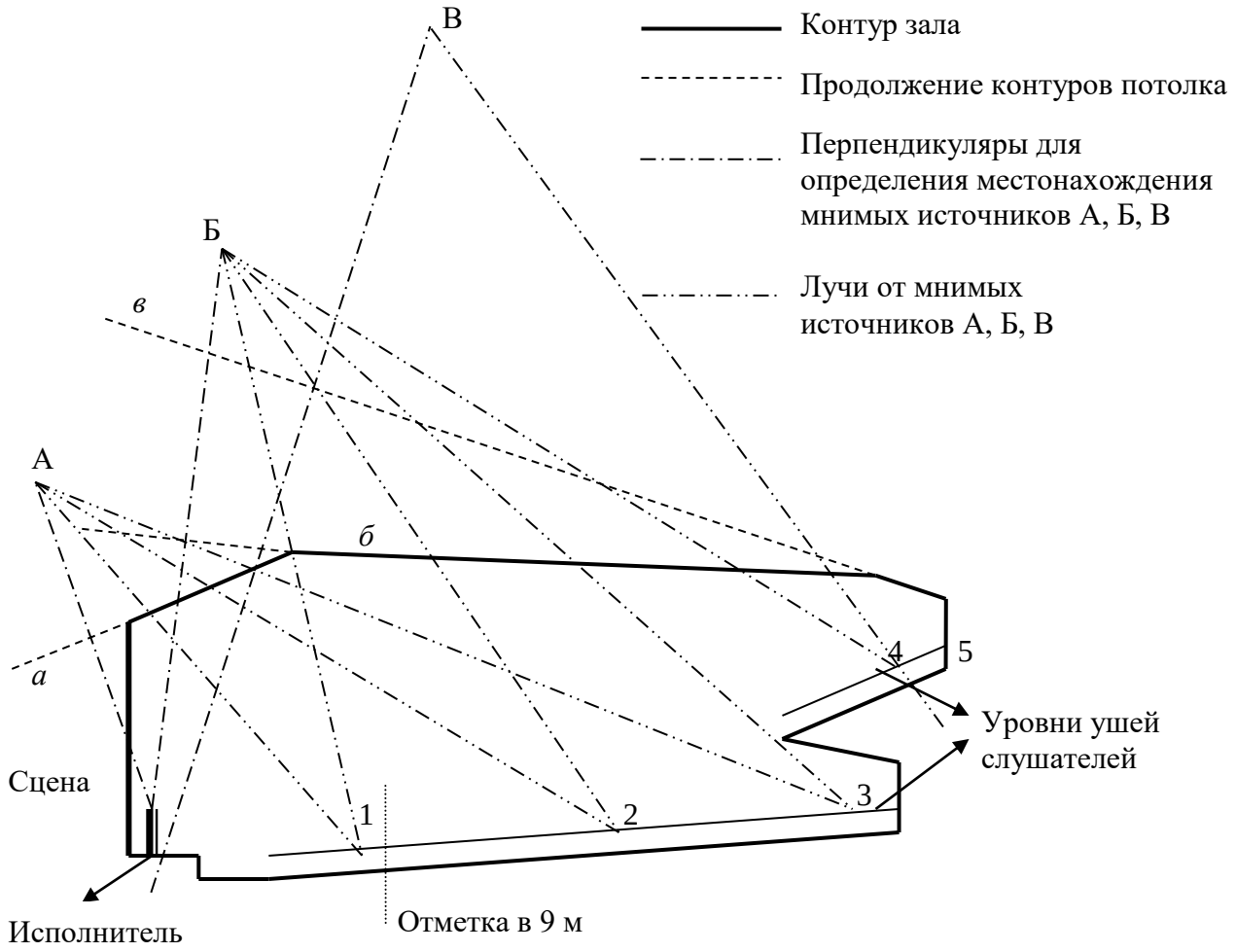


Рисунок 1.22 – Разрез зала с лучевым эскизом

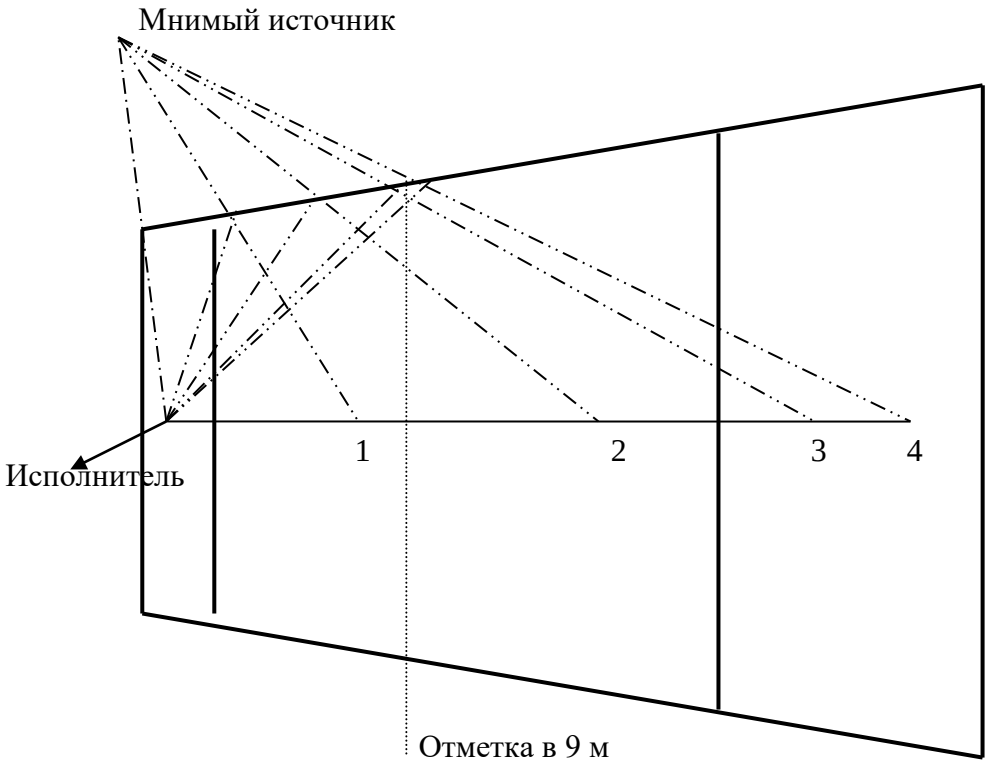


Рисунок 1.23 – План зала с лучевым эскизом

6 Определим время запаздывания.

По плану и разрезу измерим длины прямых и отраженных лучей и результаты занесем в таблицы: 1.14 – разрез, 1.15 – план. Записи длин в таблицы необходимо вести с учетом масштаба и в метрах.

Вычислим время $t_з$ запаздывания первых отражений, величина получается в миллисекундах (значения времени заносятся в соответствующие таблицы 1.14 и 1.15)

$$t_з = \frac{l_{отр} - l_{пр}}{0{,}34}, \qquad (1.8)$$

где $l_{отр} = (l_{пад} + l_{от})$ – общая длина пути отраженного звука, м;

$l_{пад}$ – длина луча, падающего на отражающую поверхность от источника звука, м;

$l_{от}$ – длина луча, отражающегося от поверхности до расчетной точки, м;

$l_{пр}$ – длина пути прямого звука (от источника до расчетной точки), м.

Таблица 1.14 – Результаты измерений по разрезу

Лучи	Плоскость *а*				Плоскость *б*			
	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4
Прямой	6,5	12	19	21,5	6,5	12	19	21,5
Отражен.	14,5	19,8	25,5	25,8	18	20,2	24,5	22
$t_з$, мс	23,5	23	19	13	33,8	21	16	15

Таблица 1.15 – Результаты измерений по плану

Лучи	Плоскость боковой стены			
	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4
Прямой	6,5	12	19	21,5
Отражен.	14	18	23,5	24
$t_з$, мс	22	17,6	13	7

Расчеты показывают, что в зону до 9 метров – точка 1 – попадают отраженные лучи от поверхности *б* потолка, поэтому здесь нужно внести некоторые изменения: сделать членение этого участка, увеличить звукопоглощение (подобрать материал отделки) либо изменить наклон потолка здесь и над авансценой.

Все остальные участки зала соответствуют норме, что говорит о достаточной диффузности звукового поля.

7 Далее произведем расчет времени реверберации.

По рисунку 1.19 определим оптимальное значение времени реверберации для зала драматического театра объемом 3527,6 м^2 – T=1,1 с.

Найдем расчетные значения времени T_p на частотах 125, 500 и 2000 Гц.

Для вычисления используются формулы с 1.4 по 1.7.

Площадь потолка, м^2 (с учетом всех конфигураций)

$$20\frac{11,2+18,4}{2}+4,5\frac{11,2+12,5}{2}+5,5\frac{18,4+16,5}{2}=445,3.$$

Площадь стен, м^2 (с учетом всех конфигураций)

$$2\left(3,5\frac{8+10,5}{2}+2\cdot19\cdot10,5-0,5\cdot19,2\cdot2,8-0,5\cdot5,4\cdot3\right)+2,2\cdot18,4+2,2\cdot19=476.$$

Площадь проема сцены $11,2\cdot7=78,4$, м^2.

Площадь пола по проходам, м^2

$$1\cdot1,5+1,5\cdot1,2+1,3(19,5-1,2)+2\cdot5,4=54,1.$$

Площадь пола под креслами, м^2

$$20,5\frac{12+18,4}{2}+5,4\frac{16,5+19}{2}-54,1=353,4.$$

Площадь пола с 70 % заполнением зрителями $353,4\cdot0,7=247,3$, м^2.

Площадь пола с 30 % незаполненными креслами $353,4\cdot0,3=106$, м^2.

Площадь добавочного звукопоглощения (складываются все значения площадей) 1407,1 м^2.

Все значения заносятся в таблицу 1.16.

По таблице Г.1 (приложение) определим коэффициент α звукопоглощения для каждой поверхности и частоты, умножим это значение на площадь поверхности и получим площадь ЭПЗ (A). Для кресел используется таблица Г.2 приложения и формула 1.5. Складываем значения A по столбцам и получаем $A_{общ}$ для каждой частоты. Далее для каждой частоты находим среднее значение $\alpha_{ср}$ (формула 1.6) и по таблице Г.3 (приложение) – функцию среднего коэффициента $\varphi(\alpha_{ср})$. По формуле (1.7) рассчитываем время T_p реверберации. Все величины заносятся в таблицу 1.16.

Полученные значения практически не отличаются от оптимального времени реверберации (время на частоте 500 Гц отличается на 0,1 с, что укладывается в 20 %), поэтому не нужно проводить дополнительных действий по улучшению акустики с точки зрения времени реверберации.

Таблица 1.16 – Расчет времени реверберации

Поверхность	Площадь, м^2	125 Гц		500 Гц		2000 Гц	
		α	A	α	A	α	A
Потолок	445,3	0,02	8,9	0,02	8,9	0,04	17,8
Стены	476	0,3	142,8	0,1	47,6	0,05	23,8
Сцена	78,4	0,2	15,7	0,3	23,5	0,3	23,5
Пол (проходы)	54,1	0,09	4,9	0,21	11,4	0,27	14,6
70 % зрителей	247,3	-	131,25	-	210	-	236,25
30 % пустых кресел	106	-	33,75	-	45	-	67,5
Дополнит. звукопогл.	1407,1	0,07	98,5	0,04	56,3	0,04	56,3
$A_{общ}$	-	435,8		402,7		439,75	
$\alpha_{ср}$		0,31		0,29		0,312	
$\varphi(\alpha_{ср})$		0,37		0,34		0,37	
$T_р$, с		1,104		1,2		1,104	

1.4.8 Пример акустического расчета лекционной аудитории на 300 слушателей

1 Объем воздуха на 1 человека для аудиторий возьмем 5 м³, при этом объем зала будет равен V=300·5=1500 м³.

Для того, чтобы от полученного по расчетам объема зала перейти к определению его пропорций, найдем модуль золотого сечения линейных размеров зала (соотношение размеров объема близкое к 3:5:8).

Определяем модуль $X = \frac{\sqrt[3]{V}}{4{,}9}$.

Находим линейные размеры зала в золотом сечении

- высота h=3X;
- ширина b=5X;
- длина l=8X.

Для выбранного объема X=2,317 м, тогда

- h=7 м;
- b=11,5 м;
- l=18,5 м.

2 Стулья для аудиторий в настоящее время большей частью имеют каркас из стальных труб; сиденья и спинки стульев – деревянные. При демонстрации опытов и экспонатов, когда отдельным студентам приходится выходить к

демонстрационному столу, рекомендуется разделять ряды, состоящие из спаренных стульев, проходами шириной 50-55 см, ведущими к демонстрационному столу; возможна также установка поворачиваемых сидении, позволяющих каждому студенту свободно выйти из середины ряда, не мешая соседям. Такие сиденья занимают не больше места, чем стулья с откидными сиденьями, а также чем сиденья на поворотной консоли.

Для одного студента, сидящего в удобной позе, требуется место размером 70 на 85 см; также можно брать соотношения 60 на 80 см или 55 на 75 см.

Площадь, приходящаяся на одного студента с учетом всех проходов: для наиболее крупных аудиторий и наиболее тесного размещения – 0,6 м²; для небольших аудиторий при сидении в нормальной позе – 0,8-0,95 м².

Размеры проходов выбираются в зависимости от размеров и формы аудиторий. Например, для небольшой аудитории (при открывании створок окон наружу) проходы у окон могут иметь ширину 60-75 см, внутренние проходы 85-100 см, а проходы у задней стены аудитории – 75-85 см. Для более глубоких аудиторий проходы могут быть шире, для более широких аудиторий рекомендуется устройство второго среднего прохода шириной 75-100 см, который ближе к переднему ряду стульев может сужаться. Расстояние от первого ряда мест до демонстрационной доски должно быть 2,5-3 м. В наиболее крупных аудиториях ряды кресел должны повышаться в направлении к задней стене; наиболее крутой подъем должен быть в аудиториях с демонстрацией на столе (например, хирургических клиниках). Данные нормативы представлены на рисунке 1.24.

3 Для выбранной аудитории возьмем следующие размеры:

- размер места на одного человека размером – 60 на 85 см (19 рядов по 16 мест);
- ширина прохода у задней стены – 0,8 м;
- ширина боковых проходов – 0,95 м;
- ширина прохода перед кафедрой – 1,55 м;
- ширина кафедры – 2,5 м;
- высота кафедры – 0,5 м;
- высота, на которую повышается каждый ряд – 0,12 м.

Начертим разрез и план аудитории (рисунок 1.25).

4 Строим лучевую картину в зале для трех точек (рисунок 1.26):

1 точка - 1 ряд аудитории на разрезе;
2 точка - середина аудитории на разрезе;
3 точка - последний ряд на разрезе;
4 точка - 1 ряд аудитории на плане;
5 точка - середина аудитории на плане;
6 точка - последний ряд на плане.

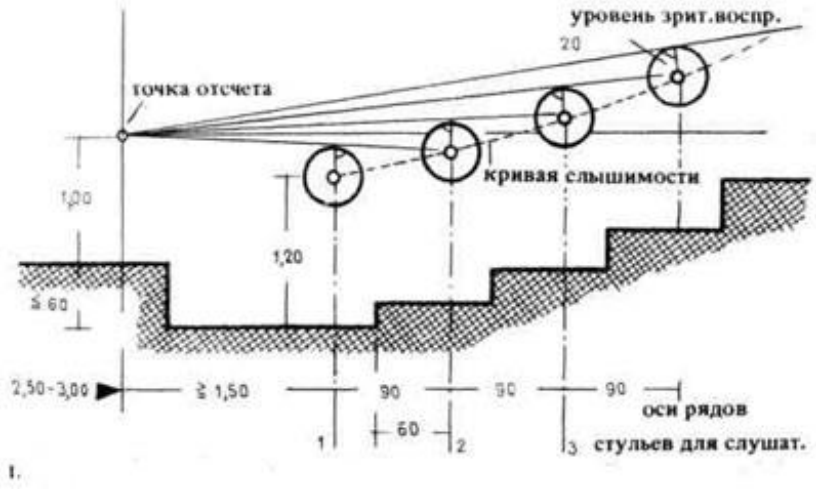


Рисунок 1.24 – Размеры в аудиториях

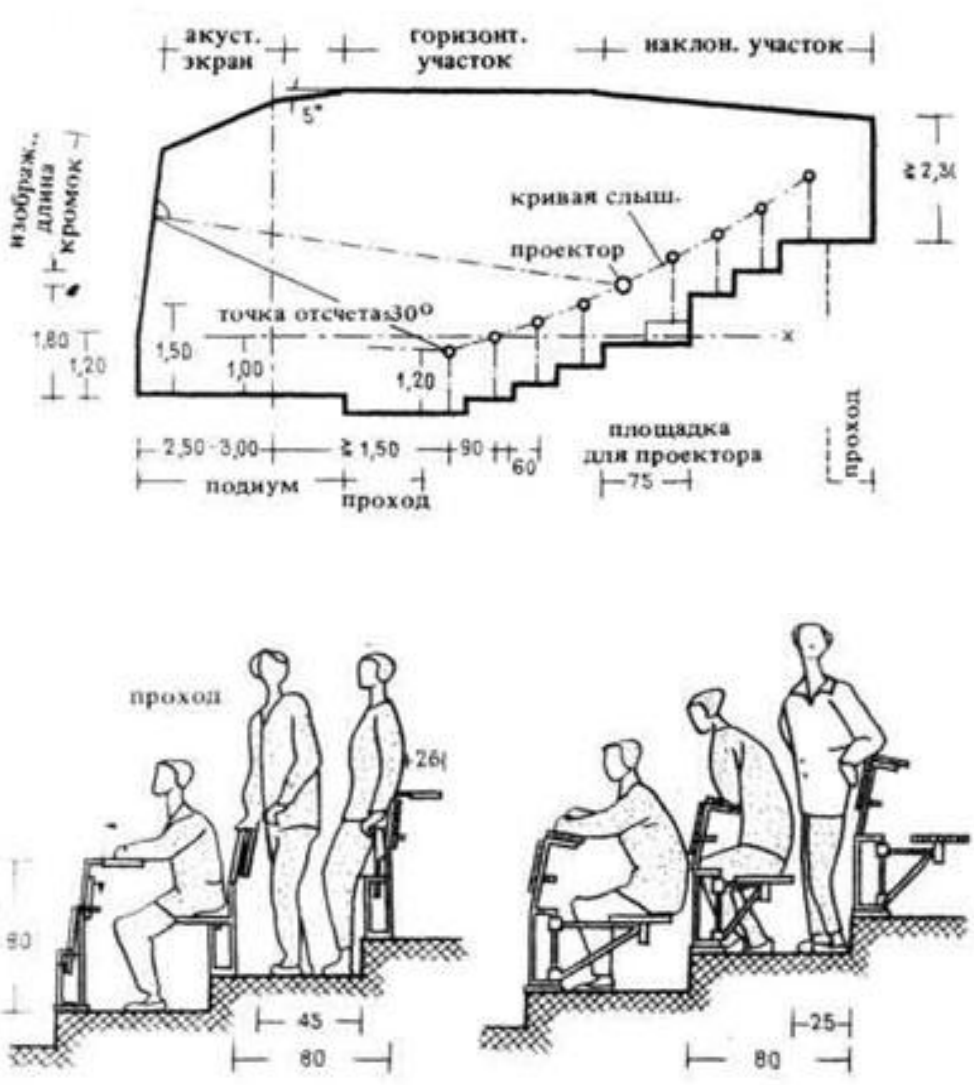


Рисунок 1.24 – Размеры в аудиториях

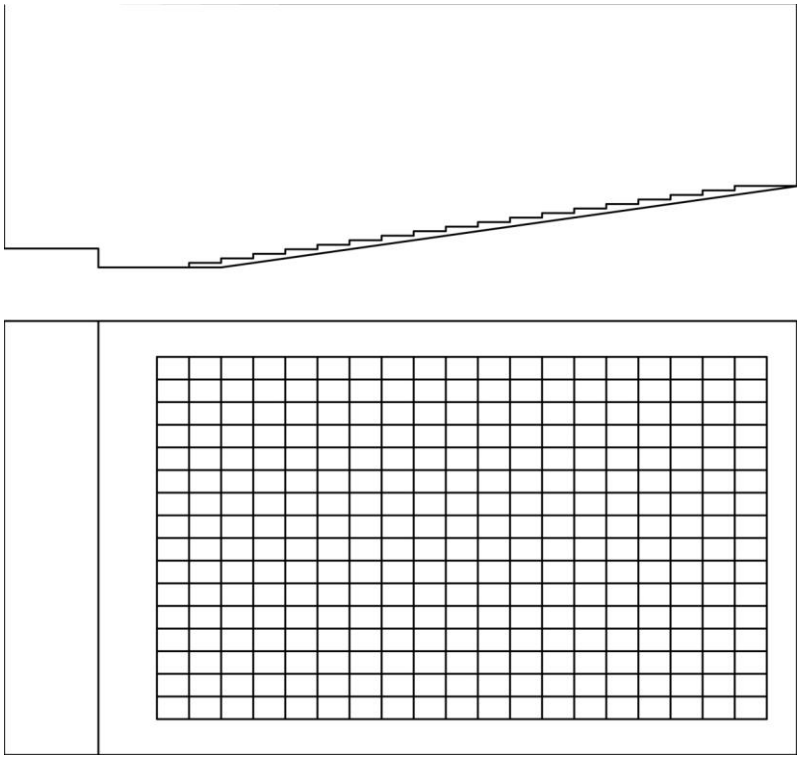


Рисунок 1.25 – Разрез и план аудитории

Для этого из точки А (источник звука – лектор) строим перпендикуляр до пересечения с потолком в точке В и откладываем вверх отрезок ВС, равный отрезку АВ. Далее соединяем точку С с точкой 1. Линия, соединяющая точку С с точкой 1, пересекается с потолком в точке В1. Соединив точку А с точкой В1 получим ход отраженного луча А-В1-1. Линия, соединяющая точки А и 1, показывает прямой ход лучей от источника звука (лектора). Аналогично строим ход лучей от точки А до точек 2 и 3 на разрезе зала и для точек 4, 5 и 6 на плане зала.

5 С учетом масштаба измерим прямые и отраженные лучи и рассчитываем время запаздывания лучей (формула 1.8). Результаты занесем в таблицу 1.17.

Таблица 1.17 – Время запаздывания лучей

№ точки	$l_{отр}$, *м*	$l_{пр}$, *м*	$t_{з}$, *с*
1	11,2	3,59	22,3
2	14,6	11	10,6
3	20,5	18,7	5,3
4	11,8	3,35	24,8
5	15,8	11	14,1
6	21,8	18,7	9,1

Полученное время запаздывания лучей меньше 25 мс для всех точек, т.е. укладывается в норму.

6 При определении времени реверберации получилось число 1,1 с, что также укладывается в норму (см. пример акустического расчета зала драматического театра). Дополнительных конструктивных решений для данной аудитории не требуется.

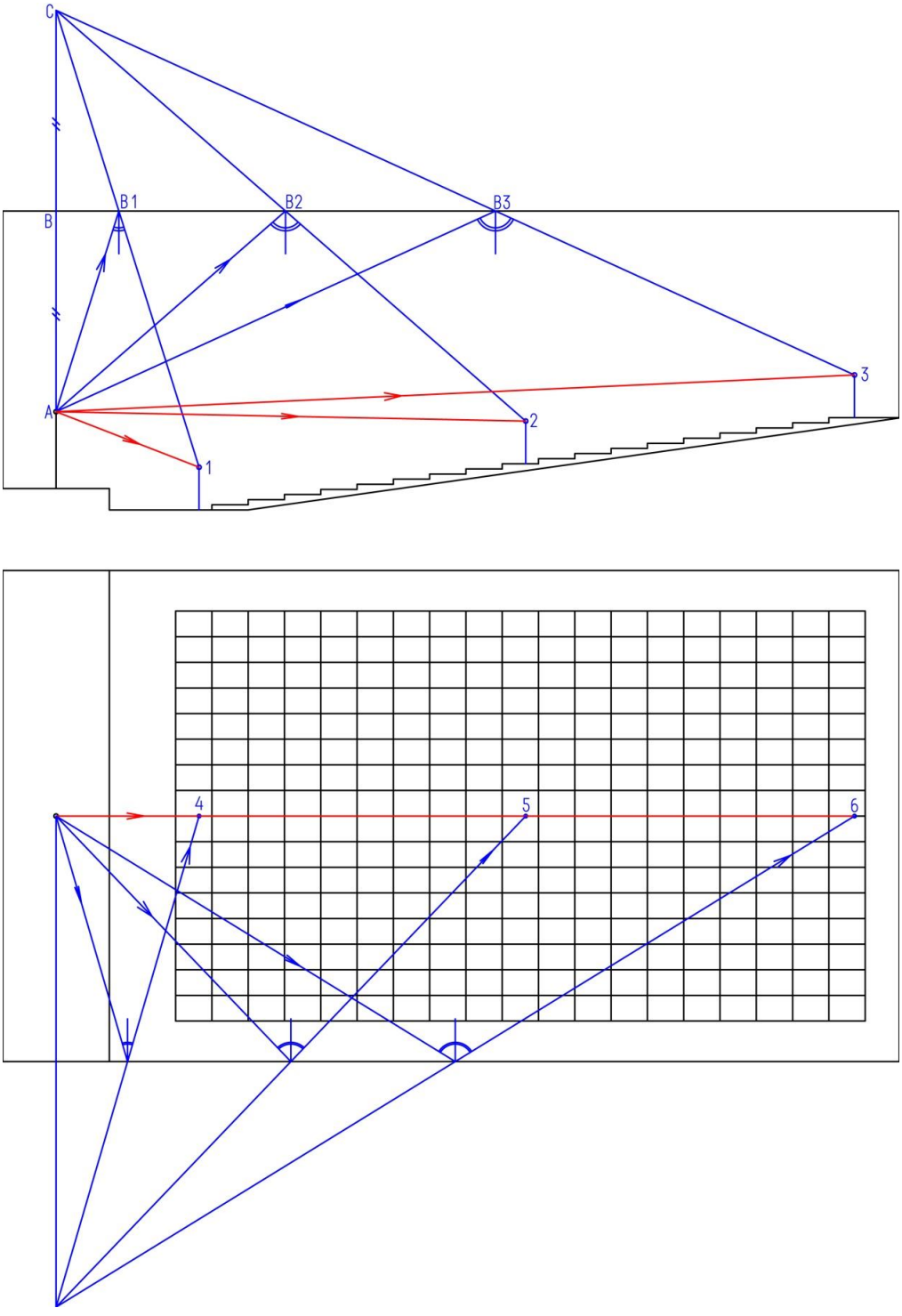


Рисунок 1.26 – Лучевой эскиз

Часть 2 Самостоятельная работа

2.1 Задание для выполнения самостоятельной работы

Согласно п.п. 2.2, 2.3, 2.4 спроектировать жилое помещение. Отчет и чертежи оформляются на листах формата А4. Чертежи выполняются в самостоятельно выбраном масштабе. Образец титульного листа приведен в приложении Д.

Содержание отчета:

1 Описание помещения: назначение, географическое месторасположение, климат, ориентация светового или световых проемов по сторонам горизонта, наличие противостоящих зданий, этаж, материал и цвет интерьера и ограждающих конструкций (основные цвета), вид искусственного освещения.

2 Линейные размеры помещения, светового и дверного проемов.

3 Расчет площади светового проема.

4 Проектирование цветового решения интерьера (1-2 рисунка).

5 Расчет звукоизоляции.

2.2 Расчет площади светового проема

2.2.1 Естественное освещение помещения

Во всех жилых, общественных, производственных и учебных помещениях с постоянным пребыванием в них людей в дневное время предусматривается естественное освещение, как более экономичное и совершенное с точки зрения медико-санитарных требований по сравнению с искусственным освещением. Световые проемы – один из основных элементов, определяющих архитектурное решение здания и интерьера помещений. От размеров и формы проемов зависит обеспечение оптимального светового режима в здании.

Рабочая поверхность (РП) может находиться на различных участках помещения. Освещенность на РП выбирается в зависимости от двух факторов: 1 – сложности зрительной работы, которая в производственных помещениях классифицируется по величине объекта различения на 8 разрядов, а в гражданских зданиях помещения имеют типологическую классификацию; 2 – системы естественного освещения. При проектировании освещения рабочую поверхность в жилых помещениях берут на полу по центру.

При расчете площади светового проема необходимо пользоваться приложением Б.

2.2.2 Порядок расчета площади светового проема жилого помещения

1 В масштабе начертить разрез и план помещения (рисунок 2.1), разрез рассматриваемого и противостоящего здания (рисунок 2.2). Их чертят так, чтобы плоскости сечений проходили через рабочую поверхность.

На рисунках введены следующие обозначения: М – точка на рабочей поверхности, B – глубина помещения, l_n – ширина помещения, l – расстояние от светового проема до рабочей точки, l_0 – ширина светового проема, H_n – высота помещения, h_n – высота подоконника над уровнем пола, h_1 – высота от рабочей точки до верхнего края светового проема, h_0 – высота светового проема, P – расстояние от рассматриваемого здания до противостоящего, $H_з$ – высота противостоящего здания, $H_{зд}$ – расстояние от подоконника рассматриваемого светового проема до карниза противостоящего здания, H – высота подоконника рассматриваемого помещения над уровнем грунта.

2 Определить положение l рабочей точки в помещении, расстояние P до противостоящего здания, высоту $H_з$ противостоящего здания, высоту $h_{пер}$ перекрытия этажей, номер N этажа рассматриваемого помещения, высоту $h_{п.э.}$ первого этажа над уровнем грунта.

Рассчитать высоту H подоконника рассматриваемого помещения над уровнем грунта по формуле

$$H = h_{п.э.} + N \cdot h_{пер} + (N-1) \cdot H_n + h_n .$$

Определить расстояние $H_{зд}$ от подоконника рассматриваемого светового проема до карниза противостоящего здания как $H_з - H$.

3 Занести в таблицу 2.1 значения величин, необходимых для расчета (все линейные размеры записываются в метрах).

С учетом светового климата для основных помещений жилых зданий третьего района (г. Рязань) нормированное значение КЕО e_n принимается равным 0,5.

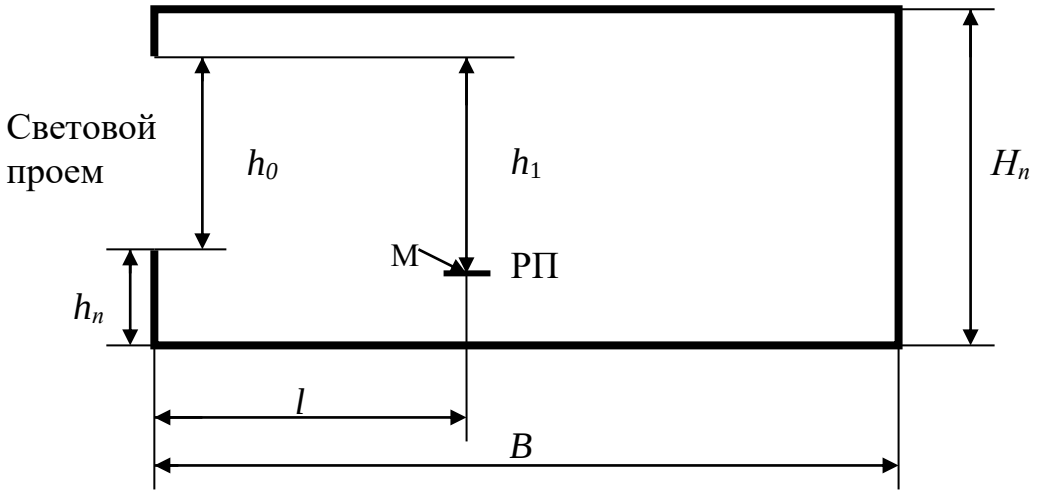
Таблица 2.1 – Значения величин, необходимых для расчета

e_n	B	l_n	l	l_0	h_0	H_n	h_n	h_1	P	$H_з$	$h_{пер}$	N	$h_{п.э.}$	H	$H_{зд}$

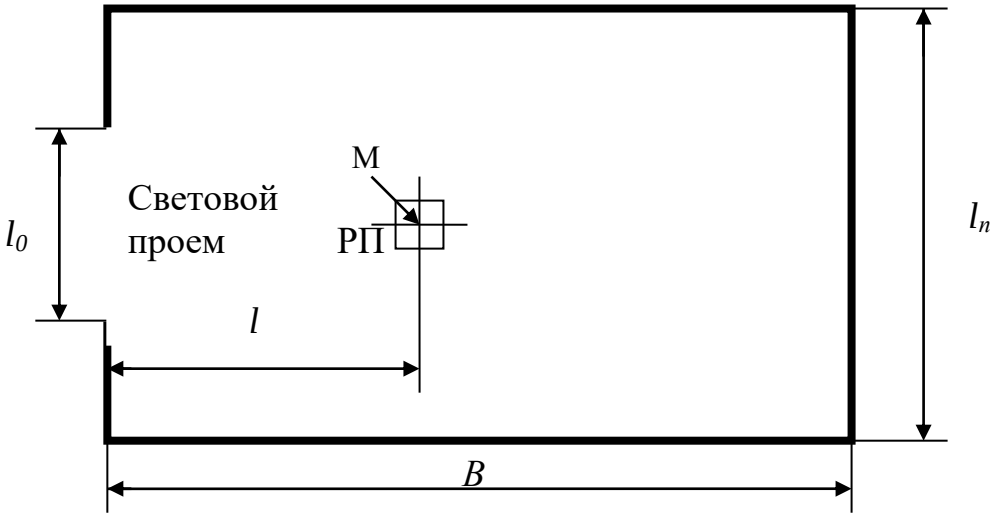
4 Рассчитать площадь S_0 светового проема рассчитывается по формуле

$$S_0 = 0{,}01 S_n \frac{e_n K_з \eta_0}{\tau_0 r_1} K_{зд},$$

Все величины и их расчет расписаны в пункте 1.2 данного пособия.



а)



б)

а) вертикальный разрез; б) план

Рисунок 2.1 – Чертежи помещения

Рисунок 2.2 – Вертикальный разрез рассматриваемого и противостоящего здания

5 Сравнить расчетное значение площади с заданным и сделать заключение по естественному освещению данного помещения.

2.3 Проектирование цветового решения интерьера

2.3.1 Качество воспроизведения цвета и цветопередача

Степень воспроизведения цветов видимого излучения называется цветопередачей. Так как спектральный состав излучения искусственного источника отличается от спектрального состава дневного света, то освещенный этим источником объект изменяет цвет.

Стандартное излучение лампы накаливания (ЛН) представляет собой излучение абсолютного черного тела при температуре 2856 К. Эти лампы называются тепловыми источниками света. В их спектре практически отсутствуют потоки излучения синей области.

Класс газоразрядных источников света более разнообразен, чем тепловых. Увеличить видимое излучение таких ламп можно преобразованием ультрафиолетового излучения в видимый свет с помощью люминофора (люминесцентные лампы) или изменением спектра ртутных паров при добавлении к ним йодистых соединений металлов (натрия, индия).

Для того чтобы цвет объекта при искусственном освещении незначительно отличался от цвета при дневном свете, рекомендуется желто-красно-оранжевые объекты освещать ЛН, НЛВД (лампы высокого давления), ЛТБ (люминесцентная тепло-белая), ЛБ (люминесцентная белая), голубые – ЛДЦ (люминесцентные лампы с улучшенной цветопередачей), ЛЕЦ

(люминесцентная лампа, свет которой благоприятен для цветопередачи лица человека), ДРИ (дуговые ртутные с излучающими добавками), зеленые – ДРЛ (дуговые ртутно-люминесцентные лампы), ЛН, ДРИ, серо-бежевые – ДРИ, ЛН, синие – ДРИ, ЛД (люминесцентные дневные) (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Изменение цветовых параметров в зависимости от источника света

Цвет материала при дневном свете	Источник искусственного света	Получаемый цветовой тон
Светло-голубой	ЛН	Позеленение
	ДРЛ	Позеленение
	ДРИ	Почти без изменений
	ЛДЦ	Почти без изменений
Серо-бежевый	ЛН	Значит. пожелтение
	ДРЛ	Незначит. пожелтение
	ДРИ	Без изменений
	НЛВД	Покраснение
Светло-зеленый	ЛН	Пожелтение
	ДРЛ	Позеленение
	ДРИ	Без изменений
	ЛДЦ	Без изменений
Красный	ЛН	Значит. покраснение
	ДРЛ	Потемнение и покраснение
	ДРИ	Почти без изменений
Желтый	ЛН	Пожелтение
	ДРЛ	Незначит. позеленение
	ДРИ	Без изменений
	НЛВД	Покраснение

2.3.2 Проектирование цвета

Практика проектирования цветового решения интерьеров показывает, что при этом действительно создаются оптимальные условия, особенно в случаях напряженной зрительной работы. Но, в то же время, если цветовая гамма ограничена применением небольшой группы «оптимальных» цветов, то получается однообразная скучная монотонная обстановка, которая отрицательно влияет на человека.

На практике почти никогда не приходится иметь дело с каким-нибудь отдельным цветом – цвета всегда находятся в сочетании. В зависимости от сочетания цветов могут возникать различные ассоциации у наблюдателя. В таблице 2.3 представлена вероятностная ассоциация, возникающая при цветовом восприятии. Как видно из таблицы в сочетании могут быть два и более равнозначных и противоположных по характеру цвета. При восприятии такого сочетания возникают и противоположные ассоциации.

Таблица 2.3 – Характер вероятных ассоциаций

Цвета	Ассоциации							
	Теплые	Холодные	Легкие	Тяжелые	Отступающие	Выступающие	Возбуждающие	Успокаивающие
Хроматические:								
1. красный	+			+		+	+	
2. оранжевый	+					+	+	
3. желтый	+		+			+	+	
4. желто-зеленый	+		+					+
5. зеленый		+			+			+
6. зелено-голубой		+	+		+			+
7. голубой		+	+		+			+
8. синий		+		+				
9. фиолетовый		+		+	+			
10. пурпурный	+			+		+	+	
Ахроматические:								
1. белый			+					
2. светло-серый			+					
3. темно-серый				+				
4. черный				+				

Созданию композиционного единства светоцветовой среды внутреннего пространства смежных помещений способствует применение близких по цвету материалов для отделки элементов, общих для большинства помещений (пола, потолка, однотипных изделий), и отделочных материалов с одномасштабным и однохарактерным рисунком.

Выразительность цветовой композиции может создаваться за счет использования гармоничных цветовых сочетаний, фактурных и многоцветных материалов с учетом особенностей восприятия фактуры и элементов рисунка, доминирующего цвета, источников освещения с учетом их цветопередачи.

Свет, как было показана выше, определяет восприятие цвета, но если свет воздействует на среду, то и среда виляет на освещение. В этом заключается взаимосвязь света и цвета, вследствие чего цвет и форма окрашенного объекта могут изменяться до неузнаваемости. Реальная цветовая среда в значительной степени определяется распределением энергии излучения естественных и искусственных источников света. Определение спектрального состава естественного света в реальных условиях представляет определенную сложность, поскольку он изменяется в широких пределах в зависимости от светоклиматических условий, времени суток, облачности и т.д.

В таблице 2.4 даны рекомендуемые диапазоны цветовых характеристик интерьеров жилых помещений. Как видно из таблицы пол и стены могут иметь различные цвета с различным контрастом, а для потолка используется только ахроматический тон, причем, как правило, светлый.

Таблица 2.4 – Цветовое решение жилых помещений

Помещение	Поверхность	Цветовой тон – длина волны – при различной ориентации окон, нм			Контраст цветов
		Север	Восток-запад	Юг	
Районы севернее 45^0 и южнее 60^0 с.ш.					
Комнаты	Пол	565-590	565-590	565-590	средний
	Стены	575-600	520-600	490-540	-
	Потолок	ахроматический			малый
Кухня	Пол	520-605	520-605	520-605	большой
	Стены	540-600	490-510	490-510	-
	Потолок	ахроматический			малый
Районы южнее 45^0 с.ш.					
Комнаты	Пол	500-600	500-600	500-600	большой
	Стены	540-600	470-600	470-500	-
	Потолок	ахроматический			малый
Кухни	Пол	500-600	500-600	500-600	большой
	Стены	500-600	470-500	470-500	-
	Потолок	ахроматический			малый
Районы севернее 60^0 с.ш.					
Комнаты	Пол	565-590	565-590	565-590	средний
	Стены	575-590	540-600	540-600	-
	Потолок	ахроматический			малый
Кухни	Пол	520-605	520-605	520-605	большой
	Стены	560-590	550-600	500-600	-
	Потолок	ахроматический			малый

Контрасты цветов описываются следующим образом.

1 Большой контраст: а) большой контраст по цветовому тону при среднем и большом контрасте по насыщенности и светлоте; б) средний контраст по цветовому тону при большом контрасте по насыщенности или светлоте.

2 Средний контраст: а) средний контраст по цветовому тону при среднем контрасте по насыщенности; б) малый контраст по цветовому тону при большом контрасте по насыщенности или светлоте.

3 Малый контраст: а) малый контраст по цветовому тону при среднем и малом контрасте по насыщенности и светлоте; б) средний контраст по цветовому тону при малом контрасте по насыщенности или светлоте; в) большой контраст по цветовому тону при малом контрасте по насыщенности и светлоте.

2.3.3 Цветовое решение жилых помещений

Выбор цвета для помещения в первую очередь зависит от его функционального назначения. Например, кухня должна быть светлой, приветливой, гигиеничной, спальная комната – спокойной, освежающей.

Размеры помещения влияют на действие, оказываемое цветом стен. В просторных помещениях цвет стен может быть более насыщенным по сравнению с небольшими размерами.

Цветовое решение будет зависеть от ориентации окон помещения и этажности квартиры. Квартиры на первых этажах, как правило, темные и холодные, а верхних – светлые и теплые. Выбранные цвета не должны подчеркивать или усиливать эти крайности.

Общее впечатление от цветового решения создается всеми окрашенными поверхностями: стенами, полом, потолком, отдельными предметами обстановки и освещением.

Характер отделки помещения определяется каким-либо одним доминирующим цветом. Другие цвета – это лишь сопровождающие. Чем более насыщенным является основной цвет, тем меньше его должно быть. Следовательно, цвет может доминировать в помещении либо количественно, либо качественно.

Гармония достигается также созданием контрастов. Например, светлый тон – темный, многоцветная поверхность – одноцветная, активный цвет – пассивный, теплый цвет – холодный.

Выбранные предметы обстановки могут быть как основным цветом, так и дополнительным.

То, что должно служить фоном, и по цвету должно отступать на задний план. Это достигается выбором более пассивного цвета, меньшей его насыщенностью. На нейтральном фоне можно применить самые разнообразные цвета других объектов. На светло-сером фоне все хроматические яркие цвета смотрятся хорошо. На синем фоне выбор сопровождающих цветов уже ограничивается областью теплых тонов. Белым и желтым цветами можно расчленить и оживить красную поверхность, зеленым – подчеркнуть ее. Но для больших поверхностей ярко-красный цвет непригоден, так как он подавляет все остальные цвета.

Беспорядочное использование большого количества различных цветов создает впечатление беспокойства. Одноцветность ведет к монотонности и производит впечатление нерешенности и скуки.

Белый цвет таит в себе большие возможности. Чистый белый цвет подходит для нежного материала (шелк, гардины), но непригоден для стен. Если все же стены белые, то им надо придать неровную структуру. Благодаря этому возникает игра светотеней, и создаются определенные контрасты. Насыщенные цвета на белом фоне в значительной мере утрачивают свою яркость. На черном фоне теплые цвета воспринимаются более яркими.

Серый цвет поверхности приглушает и объединяет расположенные на ней яркие цвета: добавка серого при покраске в красный или зеленый цвет связывает их.

Коричневый цвет занимает особое место в цветовой гамме. Он ассоциируется с деревом, с этим замечательным материалом, который делает комнаты теплыми и уютными. Нужно стремиться к тому, чтобы теплое и чистое по цвету дерево смотрелось на фоне более холодного и малонасыщенного цвета стены. Например, дубовая поверхность выглядит на фоне насыщенного цвета старой и посеревшей. Светлые породы дерева хорошо смотрятся на светло-зеленом, голубом или серовато-розовом фоне, а на фоне темных стен светлая мебель выглядит плоской.

Потолки обычно окрашиваются в светлый цвет, так как в этом случае они выглядят выше и легче. Все его тона являются дополнительными к цветам стен.

Цвет стен может быть сдержанным, чтобы акцентировать предметы обстановки, либо дополнительным к цвету мебели, чтобы лучше выявить ее. Чистая (без мебели) стена может быть решена в насыщенном тоне или декорирована. Допускается разное окрашивание стен.

Цвета могут изменять габариты помещения: светлые и синие тона расширяют, темные и красные тона уменьшают помещение. Красная торцевая стена оптически сокращает длинный коридор, синяя делает его длиннее, чистый белый цвет лишает ее материальности.

В соответствии с функциональным назначением пол должен казаться прочным и удобным. Коричневого цвета пол оптически тяжел, красный цвет рекомендуется в виде небольших декоративных пятен, желтовато-коричневый кажется легким и придает непринужденность движениям.

Все жилые помещения сопровождаются искусственным освещением. Его выбор определяется созданием оптимального светового и цветового комфорта. Лучше использовать рассеянный свет, отраженный от потолка, который умеренно освещает всю комнату и не бывает ярким. Освещение должно быть теплого цвета, поэтому в основном используются лампы накаливания.

Рассмотрим рекомендации по цветовому сочетанию в интерьере жилых помещений.

1 Общая комната:
   1) слоновая кость – красно-коричневый – серовато-зеленый;
   2) слоновая кость – желтовато-зеленый – коричневый;
   3) серый – красный – зеленый;
   4) слоновая кость – оранжевый – зеленовато-синий.

2 Кабинет:
   1) светлая охра – серовато-синий – коричневый;
   2) светло-серый – красновато-коричневый – зеленый;
   3) желтовато-зеленый – зеленовато-синий – желтовато-коричневый.

3 Кухня:
   1) слоновая кость – голубой – красновато-коричневый;
   2) слоновая кость – зеленый – желтовато-коричневый;
   3) желтовато-зеленый – красновато-серый – красновато-коричневый.

4 Спальня:

1) зеленый – оранжевый – коричневый;
2) голубовато-зеленый – желтый – желтовато-коричневый;
3) голубой – слоновая кость – красновато-коричневый.

2.4 Расчет звукоизоляции

2.4.1 Данные для расчета

В таблице 2.5 представлена оценка громкости на слух для различных источников шума.

Таблица 2.5 – Оценка громкости различных источников шума

Оценка громкости на слух	Уровень шума (уровень звукового давления), дБ	Источник и место измерения шума
Очень громкий	100 90	Симфонический оркестр Шумная улица
Громкий	70	Салон автобуса Крик Улица средней шумности Зал магазина
Умеренный	60	Спокойный разговор
Слабый	40 30	Шепот Читальный зал Шелест бумаги
Очень слабый	10 0	Тихий сад Порог слышимости

Приближенные значения звукоизоляции I_o ограждающих конструкций приведены в таблице 2.6.

Санитарными нормами установлены суммарные уровни звука для жилых помещений в 30 дБ.

Таблица 2.6 – Звукоизоляция ограждающих конструкций

Вид ограждающих конструкций	I_o, дБ
Наружная стена (глухая часть)	50
Окно	30
Внутренняя стена (глухая часть)	40
Дверь	20

Средние значения звукоизоляции $I_{ср}$ однородных конструкций приближенно определяют в зависимости от их поверхностной плотности Q:

при $Q \le 200$ кг/м^2 по формуле

$$I_{ср} = 13{,}5 \lg Q + 13, \qquad (2.1)$$

при $Q \ge 200$ кг/м^2 по формуле

$$I_{ср} = 23 \lg Q - 9. \qquad (2.2)$$

Конструкции с проемами (окнами и дверями) из-за меньшей поверхностной плотности и малой герметичности всегда имеют худшую звукоизоляцию. При этом общая звукоизоляция $I_{общ}$ определяется по формуле

$$I_{общ} = I_{ср} - 10 \lg \frac{\frac{S}{S_1} + 10^{\frac{I_{ср} - I_1}{10}}}{1 + \frac{S}{S_1}}, \qquad (2.3)$$

где $I_{ср}$ – среднее значение звукоизоляции глухой части конструкции, дБ;

I_1 – звукоизоляция проемов – окон или дверей, дБ;

S – площадь глухой части конструкции, м^2;

S_1 – площадь проемов, м^2.

При наличии нескольких источников шума, расположенных за различными ограждающими конструкциями, общий уровень звукового давления $L_{общ}$ в рассматриваемом помещении определяется по формуле

$$L_{общ} = 10 \lg \sum_n S_n 10^{\frac{L_n - I_{on}}{10}} - 10 \lg \sum_n \alpha_n S_n, \qquad (2.4)$$

где L_n – уровни звукового давления за ограждающими конструкциями, дБ;

I_{on} – звукоизоляция конструкций, дБ**;**

α_n – коэффициенты звукопоглощения стен и окон;

S_n – площади стен и окон, м^2;

n – количество стен и окон.

2.4.2 Расчет звукоизоляции

1 Расчет звукоизоляции стены с дверью (таблица 2.7).

В таблице ρ – плотность материала конструкции, a – толщина стены. По таблице 2.6 выбирается звукоизоляция проема.

Таблица 2.7 – Вычисление звукоизоляции стены с дверью

ρ, кг/м^3	a, м	Q, кг/м^2	$I_{ср}$, дБ	S, м^2	S_1, м^2	I_1, дБ	$I_{общ}$, дБ

Сначала находится поверхностная плотность Q ($Q=\rho \cdot a$) перегородки и выбирается для дальнейшего расчета формула 2.1 или 2.2.

По формуле (2.3) определяется звукоизоляция $I_{общ}$ всей перегородки.

2 Расчет звукоизоляции от внешнего воздушного шума наружной стены со световым проемом (таблица 2.8).

В таблице 2.8 *в* – толщина стены, по таблице 2.6 выбирается звукоизоляция проема.

Таблица 2.8 – Вычисление звукоизоляции наружной стены со световым проемом

ρ, кг/м^3	*в*, м	Q, кг/м^2	$I_{ср}$, дБ	S, м^2	S_1, м^2	I_1, дБ	$I_{общ}$, дБ

Сначала находится поверхностная плотность Q ($Q=\rho \cdot в$) перегородки и выбирается для дальнейшего расчета формула 2.1 или 2.2.

По формуле (2.3) определяется звукоизоляция всей перегородки.

3 Расчет общего уровня звукового давления $L_{общ}$ в помещении (таблица 2.9).

Уровни звукового давления L_n за ограждающими конструкциями даны в таблице 2.5, величины звуковой изоляции I_{on}: для наружной стены – из таблицы 2.8 ($I_{общ}$), внутренней боковой стены – по таблице 2.6, внутренней стены с дверью – из таблицы 2.7 ($I_{общ}$), для светового и дверного проемов – являются вычитаемым в формуле 2.3, соответственно для нужного проема. Также в таблице 2.9 даны коэффициенты звукопоглощения (для глухой части конструкции из кирпича, если в проектируемом помещении конструкции выполнены из других материалов, то в таблицу заносятся и другие значения коэффициентов).

Для вычисления уровня звукового давления используется формула 2.4.

Результаты занести в таблицу 2.9.

4 На основе полученных результатов делается вывод о звукоизоляции помещения.

Таблица 2.9 – Вычисление общего уровня звукового давления

Характеристики конструкций / Ограждающие конструкции	L_n, дБ	I_{on}, дБ	S_n, м^2	α_n	$L_{общ}$, дБ
Наружная стена				0,02	
Внутренние боковые стены				0,02	
Внутренняя стена с дверью				0,02	
Окно				0,15	
Дверь				0,1	

Список используемых источников

1. Мицкевич, В. К. Архитектурная физика: Учеб. для вузов. Спец. «Архитектура» / В. К. Мицкевич / Под ред. Н. В. Оболенского. – М.: Архитектура – С, 2005. – 448 с.

2. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика: Учеб. для вузов. 3-е изд. / В. Н. Богословский. – СПб. : АВОК СЕВЕРО-ЗАПАД, 2006. – 400 с.

3. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. – М. : Изд-во стандартов, 2003.

4. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: Изд.офиц. - М.:МНТКС, 1999.

5. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. Карты районирования территории СССР по климатическим характеристикам: Изд. офиц. - М.: Госстрой России, 2004.

6. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология. – М. : Изд-во стандартов, 1996.

7. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. – М. : Изд-во стандартов, 2003.

8. СНиП 23-3-2003. Защита от шума и акустика. – М. : Изд-во стандартов, 2004.

9. СП 23-103-2003. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий. – М. : Изд-во стандартов, 2004.

10.ГОСТ 12.1.003-83 (СТ СЭВ 1930-79). Шум. Общие требования безопасности: Изд.офиц. - М. : Изд-во стандартов, 2002

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблицы для определения климатических параметров

Таблица А.1 – Средняя месячная температура, °С

№	Название населенного пункта	Номер месяца в году											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Архангельск	-12,9	-12,5	-8	-0,9	6	12,4	15,6	13,6	7,9	1,5	-4,1	-9,5
2	Калининград	-3,1	-2,5	0,6	6,2	11,6	15,2	17,3	16,7	13	7,8	2,9	-0,9
3	Казань	-13,5	-13,1	-6,5	3,7	12,4	17	19,1	17,5	11,2	3,4	-3,8	-10,4
4	Астрахань	-6,7	-5,6	0,4	9,9	18	22,8	25,3	23,6	17,3	9,6	2,4	-3,2
5	Сочи	5,9	6,1	8,2	11,7	16,1	19,9	22,8	23,1	19,9	15,7	11,7	8,2
6	Сасово	-11	-10	-4,7	5,2	12,9	20	21,2	17,2	12,3	4,6	-1,8	-7
7	Новосибирск	-18,8	-17,3	-10,1	1,5	10,3	16,7	19	15,8	10,1	1,9	-9,2	-16,5
8	Воронеж	-9,8	-9,6	-3,7	6,6	14,6	18,9	20,9	19,6	13	5,9	-0,6	-6,2
9	Якутск	-42,6	-35,9	-22,2	-7,2	5,8	15,4	18,7	14,9	6,2	-8	-28,3	-39,5
10	Брянск	-9,1	-8,4	-3,2	5,9	12,8	16,7	19,1	16,9	11,5	5	-0,4	-5,2

Таблица А.2 – Средняя суточная амплитуда температуры воздуха, °С

№	Название населенного пункта	Номер месяца в году											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Архангельск	6,9	6,7	8,7	8,4	8,6	9,6	9,8	8,8	6,2	4,3	4,4	5,8
2	Калининград	5,2	5,8	7,3	8,7	10,6	9,7	9	9	8,6	6,9	4,5	4,1
3	Казань	6,5	7,6	8	8,1	10,7	11,9	11,1	10,8	9,2	6,1	5,2	6,2
4	Астрахань	6,8	7,5	9,1	11,3	11,2	10,1	10,7	11,7	11,3	10	4,8	5,8
5	Сочи	6,3	6,7	7,1	7,6	7,6	7,7	7,7	7,9	8,2	8,3	7,4	6,8
6	Сасово	6,8	7,1	7,3	8	10,8	11,5	11,1	10,9	9,6	6,4	5	5,4
7	Новосибирск	9,3	10	10,5	9.9	12,8	12,6	11,4	11	11	8,5	7,7	8,8
8	Воронеж	6,7	6,7	7	9,1	11,9	12	11,8	11,6	10,6	7,6	5,5	5,2
9	Якутск	8	12	16,5	14,3	12,6	14,3	14,1	13,8	11,8	9,3	9,9	8,3
10	Брянск	6,6	8	8	9,7	13	12,7	12,6	12,4	11	7,8	5,1	5,7

Таблица А.3 – Упругость водяного пара воздуха, гПа

№	Название населенного пункта	Номер месяца в году											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Архангельск	2,6	2,5	3	4,8	6,9	10,8	13,6	13	9,7	6,5	4,5	3,2
2	Калининград	4,6	4,4	4,9	7,3	9,7	12,8	15	15	12,5	9,3	6,9	5,6
3	Казань	2,2	2,2	3,1	6	8,7	12,3	14,9	13,8	9,9	6,5	4,2	2,8
4	Астрахань	3,6	3,7	4,9	7,2	11,2	15	17,3	16,4	12,3	8,6	6,1	4,5
5	Сочи	6,9	7	7,5	10,1	14,3	18,7	22,1	21,5	17,3	12,8	10	7,8
6	Сасово	2,8	2,8	3,8	6,5	9,2	12,7	15,2	14,4	10,4	7,1	4,7	3,5
7	Новосибирск	1,4	1,6	2,5	5	7,5	12,4	15,7	13,6	9,3	5,6	2,8	1,7
8	Воронеж	3	3	4	6,9	9,3	12,5	14,9	14,2	10,2	7,3	5,1	4
9	Якутск	0,1	0,3	0,8	2,5	5	9,4	12,8	11,4	6,7	3	0,6	0,2
10	Брянск	3,3	3,2	4,1	6,7	9,5	13,1	15,1	14,7	10,8	7,3	5,4	4

Таблица А.4 – Максимальная упругость водяного пара воздуха для температур от -40 до 0 °С

t, °С	Е, мм	t, °С	Е, мм	t, °С	Е, мм	t, °С	Е, мм	t, °С	Е, мм
0	4,58	-9	2,13	-17	1,03	-25	0,47	-33	0,205
-1	4,22	-10	1,95	-18	0,94	-26	0,42	-34	0,185
-2	3,88	-11	1,78	-19	0,85	-27	0,38	-35	0,17
-3	3,57	-12	1,63	-20	0,77	-28	0,34	-36	0,15
-4	3,28	-13	1,49	-21	0,7	-29	0,31	-37	0,13
-5	3,01	-14	1,36	-22	0,64	-30	0,28	-38	0,12
-6	2,76	-15	1,24	-23	0,58	-31	0,25	-39	0,105
-7	2,53	-16	1,13	-24	0,52	-32	0,23	-40	0,09
-8	2,32	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица А.5 – Максимальная упругость водяного пара воздуха для температур от 0 до +40 °С

t, °С	Е, мм	t, °С	Е, мм	t, °С	Е, мм	t, °С	Е, мм	t, °С	Е, мм
0	4,58	9	8,61	17	14,53	25	23,76	33	37,73
1	4,93	10	9,21	18	15,48	26	25,21	34	39,9
2	5,29	11	9,84	19	16,48	27	26,74	35	42,18
3	5,69	12	10,52	20	17,54	28	28,35	36	44,56
4	6,1	13	11,23	21	18,65	29	30,04	37	47,07
5	6,54	14	11,99	22	19,83	30	31,82	38	49,69
6	7,01	15	12,79	23	21,07	31	33,7	39	52,44
7	7,51	16	13,63	24	22,38	32	35,66	40	55,32
8	8,05	-	-	-	-	-	-	-	-

Таблица А.6 – Повторяемость направлений и скорость ветра

№	Название населенного пункта	Повторяемость направлений ветра, % (верхнее число), средняя скорость ветра по направлениям, м/с (нижнее число)															
		Январь								Июль							
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
1	Архангельск	7 3,6	6 3,2	13 4,2	19 4,9	15 5,1	20 5,9	12 6,6	8 6,2	19 4,6	16 4	15 4	11 3,8	8 3,5	9 4,3	7 4,7	15 4,8
2	Калининград	4 2,7	9 4,9	8 4,1	15 4,3	17 4,2	28 5,9	13 6	6 5,9	12 3,6	7 3,2	7 3	8 3,3	10 3,3	20 4,4	22 5,4	14 4,3
3	Казань	11 3,8	4 4,2	6 4,2	20 5	28 5,7	12 4,8	13 4,8	6 3,8	16 3,8	13 3,6	11 3,9	10 3,3	10 3,3	8 3,2	15 4	18 4,2
4	Астрахань	9 4,1	15 4,3	22 4,8	14 4,6	5 3,2	10 4,4	15 4,7	10 4,7	15 3,6	10 3,7	11 4	12 4,2	10 4	14 3,7	14 3,7	14 3,9
5	Сочи	12 2,2	29 2,3	21 3,7	21 6,5	4 4	2 3,5	4 3,3	7 3,7	11 1,9	29 1,8	9 2,3	11 3,9	5 2,9	6 2,6	11 3,2	18 3,1
6	Сасово	11 4,7	6 3,7	8 3,7	13 4,6	30 5,1	13 5	9 4,3	10 4,2	18 4,2	12 4,1	9 3,7	8 3,7	12 3,4	9 3,9	16 4,3	16 4,3
7	Новосибирск	3 2	5 2,8	9 2,3	16 3	27 4,7	31 5,7	6 3,7	3 3	12 7	8 2,6	11 2,7	10 2,9	11 3,2	15 3,5	12 2,8	11 2,5
8	Воронеж	10 4,1	11 3,6	12 4,2	15 5	13 5,1	14 5,4	16 5,1	10 4,5	19 3,6	17 3,3	11 3,1	7 3,2	6 3,3	9 3,5	17 4,1	14 3,9
9	Якутск	33 2,5	27 2,6	1 2	2 1,3	8 1,6	10 2,2	10 2,8	9 2,7	11 2,9	17 3,3	11 3	13 3,1	10 3,2	6 3,8	14 4,1	18 3,6
10	Брянск	6 4,6	10 4,6	13 4,9	16 5,3	11 5,6	18 6,3	15 5,2	11 4,8	10 4	12 3,8	11 3,5	6 3,4	7 3,7	10 4,4	21 4,4	23 4,5

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблицы для расчета естественного освещения

Таблица Б.1 – Нормированные значения коэффициента естественного освещения

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различение, мм	Разряд зрительной работы	Значения коэффициента естественного освещения при боковом расположении световых проемов, %
Наивысшей точности	Менее 0,45	I	3,5
Очень высокой точности	0,15-0,3	II	2,5
Высокой точности	0,3-0,5	III	2,0
Средней точности	0,5-1,0	IV	1,5
Малой точности	1,0-5,0	V	1,0
Грубой точности	Более 5,0	VI	0,5

Таблица Б.2 – Значения коэффициента запаса K_3

Помещения	Примеры помещений	Коэффициент запаса K_3 при естественном освещении		
		Расположение светопропускающего материала		
		Вертикальное	Наклонное	Горизонтальное
Помещения общественных и жилых зданий	Помещения общественных зданий, жилые комнаты, учебные помещения, лаборатории, читальные залы, залы совещаний	1,2	1,4	1,5

Таблица Б.3 – Значения коэффициентов τ_1 и τ_2

Светопропус-кающий материал	τ_1	Вид переплета	τ_2
Стекло оконное листовое:		Переплеты для окон жилых зданий:	
одинарное	0,9	- деревянные:	
двойное	0,8	Одинарные	0,8
тройное	0,75	Спаренные	0,75
		Двойные раздельные	0,65
Стеклопакеты	0,8	С тройным остеклением	0,5
		- металлические:	
		Одинарные	0,9
		Спаренные	0,85
		Двойные раздельные	0,8
		С тройным остеклением	0,7

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ Б

Таблица Б.4 – Значения коэффициентов ρ отражения внутренних поверхностей интерьера

Поверхность	Коэффициенты отражения ρ
Побелка	0,75-0,65
Желтая, голубая окраска	0,45-0,4
Светлая клеевая окраска	0,60-0,5
(лимонная, светло-серая и т.п.)	0,35
Светло-коричневая окраска	0,3

Таблица Б.5 – Значение коэффициента r_1

Отношение глубины помещения B к высоте h_1 от уровня условной рабочей поверхности до верха окна	Отношение расстояния l расчетной точки М от наружной стены к глубине помещения B	Значение коэффициента r_1 при боковом одностороннем освещении при средневзвешенном коэффициенте $\rho_{ср}$ потолка, стен и пола, равном								
		0,5			0,4			0, 3		
		При отношении длины помещения l_n к его глубине B								
		0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более
1-1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,0	1,05	1,0	1,0
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,2	1,1	1,1
	1	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1.2
1,5-2,5	0	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,0	1,0
	0,3	1,3	1,2	1.1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
	0,5	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1
	0,7	2,25	2,0	1,7	1,7	1,6	1,3	1,55	1,35	1,2
	1,0	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5
2,5-3,5	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,0	1,0	1,0	1,0
	0,2	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05
	0,4	1,35	1,25	1,2	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1
	0,6	2,0	1,75	1,45	1,6	1,45	1,3	1,4	1,3	1,2
	0,7	2,6	2,2	1,7	1,9	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3
	0,8	3,6	3,1	2,4	2,4	2,2	1,55	1,9	1,7	1,4
	0,9	5,3	4,2	3,0	2,9	2,45	1,9	2,2	1,85	1,5
	1,0	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	2,6	2,2	1,7
Более 3,5	0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,0
	0,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05
	0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1
	0,4	2,4	2.1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2
	0,5	3,4	2,9	2,5	2,0	1,8	1,5	1,7	1,5	1,3
	0,6	4,6	3,8	3,1	2,4	2,1	1,8	2,0	1,8	1,5
	0,7	6,0	4,7	3,7	2,9	2,6	2,1	2,3	2,0	1,7
	0,8	7,4	5,8	4,7	3,4	2,9	2,4	2,6	2,3	1,9
	0,9	9,0	7.1	5,6	4,3	3,6	3,0	3,0	2,6	2,1
	1,0	10,0	7,3	5,7	5,0	4,1	3,5	3,5	3,0	2,5

Таблица Б.6 – Значения коэффициента *R*

Отделочные материалы фасада противо-стоящего здания	Индекс противо-стоящего здания в плане z_1	Индекс противостоящего здания в разрезе z_2							
		0.1	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0 и более
Кирпич или бетон	1,0	0,14	0,25	0,26	0,23	0,2	0,15	0,11	0,06
	1,5	0,14	0,23	0,25	0,22	0,19	0,14	0,10	0,05
	3,0	0,14	0,21	0,23	0,23	0,18	0,12	0,08	0,04
	6,0	0,14	0,20	0,22	0,20	0,17	0,12	0,08	0,04
	10 и более	0,14	0,18	0,20	0,18	0,16	0,11	0,08	0,04
Блоки облицо-вочные кера-мические	1,0	0,16	0,3	0,3	0,26	0,23	0,17	0,13	0,07
	1,5	0,16	0,26	0,28	0,25	0,22	0,16	0,12	0,06
	3,0	0,16	0,24	"0,26	0,24	0,20	0,14	ОД	0,05
	6,0	0,16	0,23	0,25	0,23	0,20	0,13	0,09	0,05
	10 и более	0,16	0,21	0,23	0,21	0,18	0,12	0,09	0,04
Краска фасад-ная на бетоне атмосферо-стойкая:									
цветная светлая	1,0	0,2	0,36	0,37	0,33	0,29	0,21	0,16	0,08
	1,5	0,2	0,33	0,35	0,32	0,28	0,20	0,15	0,07
	3,0	0,2	0,3	0,33	0,3	0,25	0,18	0,12	0,06
	6,0	0,2	0,29	0,32	0,29	0,24	0,17	0,12	0,06
	10 и более	0,2	0,26	0,29	0,26	0,23	0,16	0,11	0,05
белая	1,0	0,25	0,45	0,46	0,40	0,37	0,27	0,20	0,1.0
	1,5	0,25	0,42	0,44	0,40	0,35	0,24	0,19	0,09
	3,0	0,25	0,38	0,41	0,37	0,32	0,22	0,15	0,08
	6,0	0,25	0,37	0,40	0,36	0,31	0,21	0,15	0,08
	10 и более	0,25	0,33	0,36	0,32	0,28	0,19	0,14	0,07

Таблица Б.7 – Значения коэффициента $K_{зд}$, учитывающего затенение противостоящим зданием

Отношение величин $P/H_{зд}$	Значение коэффициента $K_{зд}$
0,5	1,7
1,0	1,4
1,5	1,2
2,0	1,1
3,0 и более	1,0

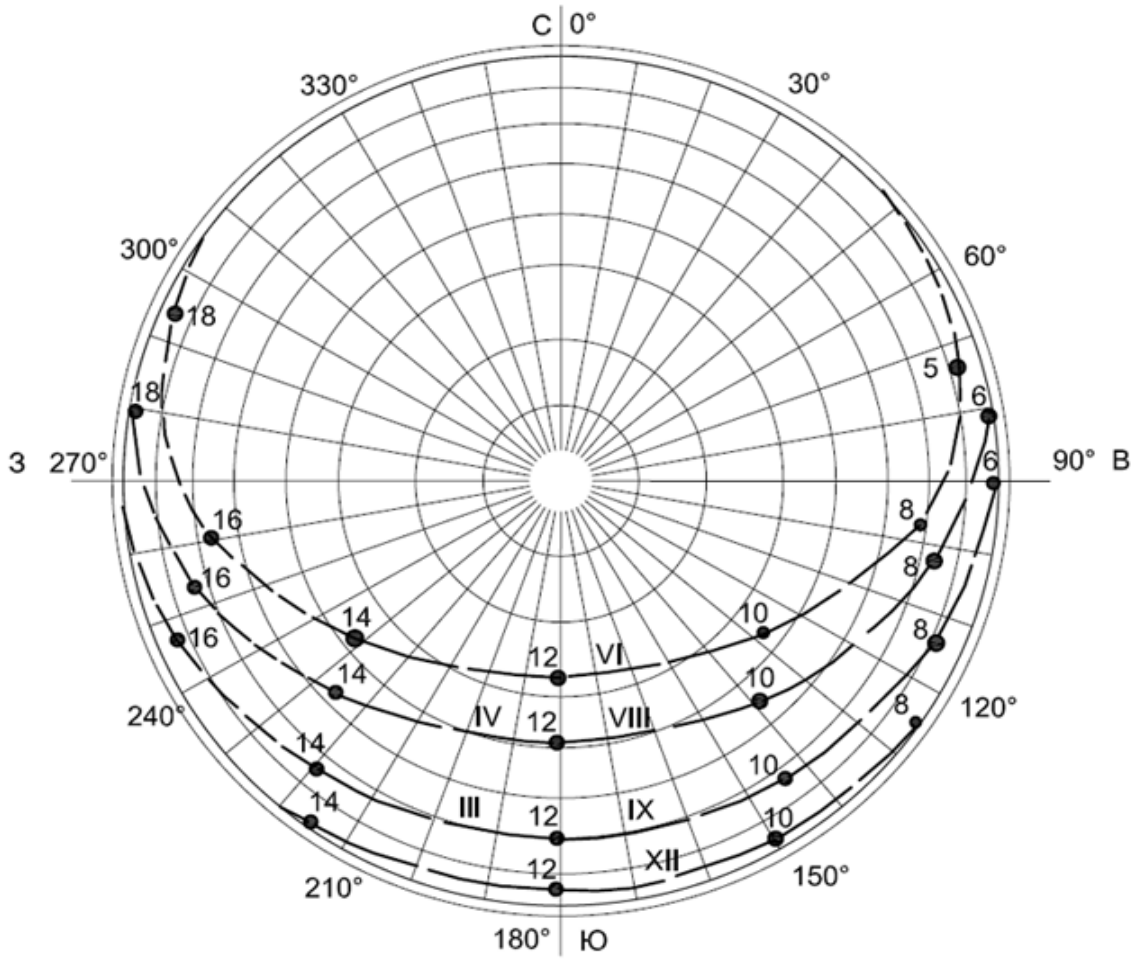
Таблица Б.8 – Значение световой характеристики η_0 окон при боковом освещении

Отношение длины помещения l_n к его глубине B	Значение световой характеристики η_0 при отношении глубины помещения B к его высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна 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	7,5	8	9	10	11	12,5
3,0	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2,0	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1,0	11,0	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18,0	23	31	37	45	54	66	-

ПРИЛОЖЕНИЕ В

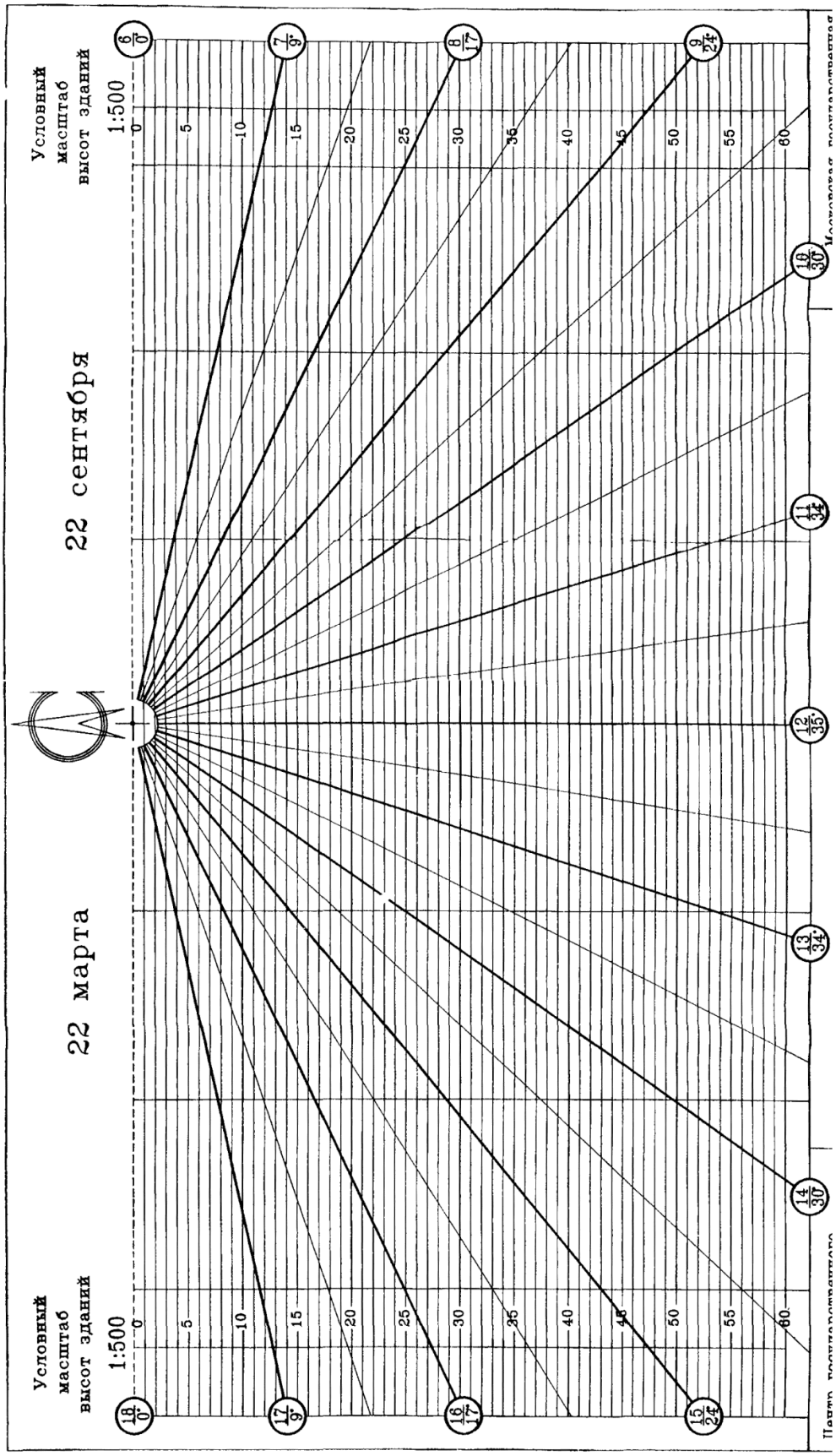
Карты и графики для расчета инсоляции

Приложение В.1 – Солнечная карта



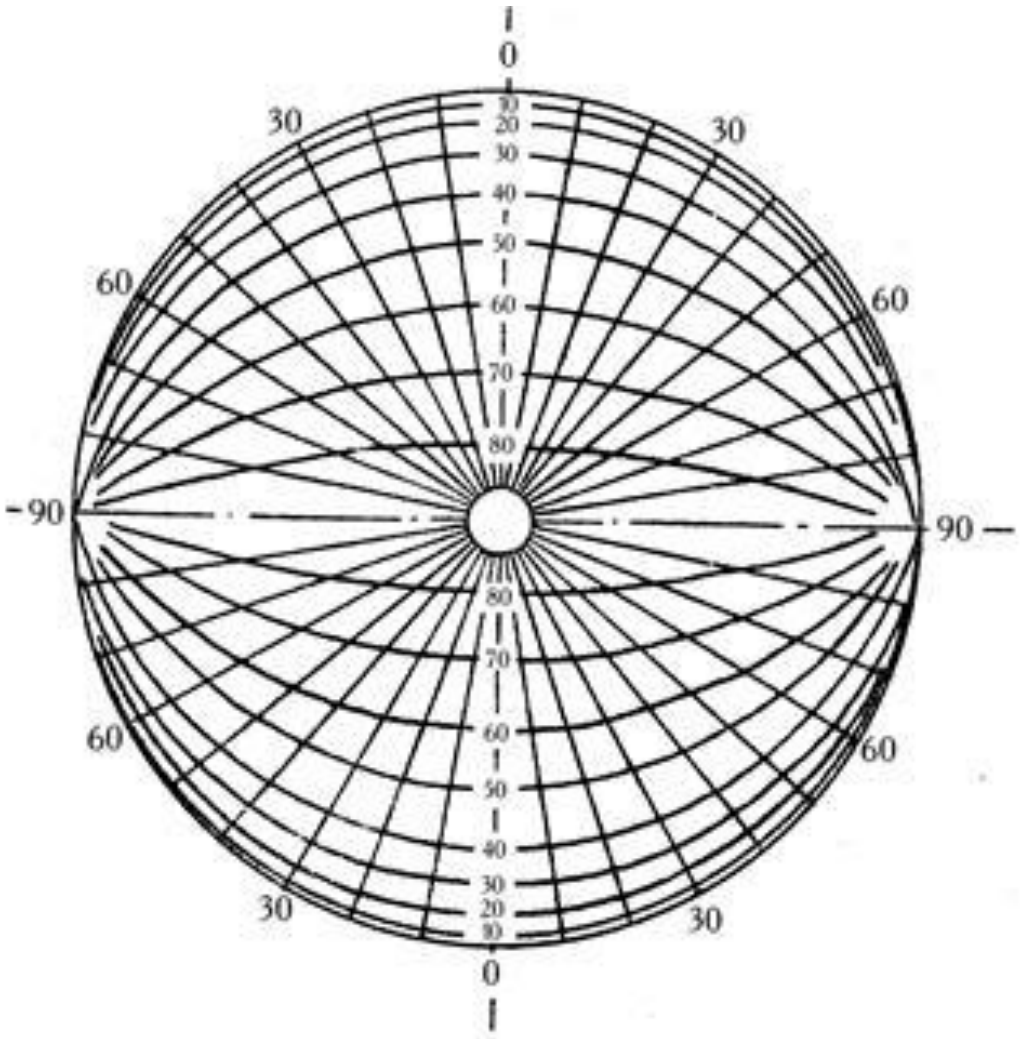
ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В

Приложение В.2 – Инсограф



ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В

Приложение В.3 – Вспомогательная контурная сетка при двухстороннем расположении затеняющих объектов



Для получения вспомогательной контурной сетки при четырехстороннем расположении затеняющих объектов (или другим произвольным расположением объектов) достраиваются дуги вертикальных углов симметрично, слева и справа, относительно центра.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблицы для акустического расчета залов

Таблица Г.1 – Коэффициенты звукопоглощения некоторых материалов и конструкций

№	Наименование материала и конструкции	Коэффициент звукопоглощения для частоты (Гц)					
		125	250	500	1000	2000	4000
1	Кирпичная кладка без расшивки швов	0,15	0,19	0,29	0,28	0,38	0,46
2	Кирпичная кладка с расшивкой швов	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06
3	Стены оштукатуренные, окрашенные клеевой краской	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
4	Стены оштукатуренные, окрашенные масляной краской	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
5	Штукатурка по металлической сетке с воздушной полостью позади	0,04	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06
6	Бетон с железнением поверхности	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
7	Каменные породы (гранит и др.)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
8	Травертин	0,02	0,03	0,03	0,03	0,035	0,04
9	Метлахская плитка	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
10	Панель деревянная толщиной 5-10 мм позади с воздушной прослойкой 50-150 мм	0,3	0,15	0,06	0,05	0,04	0,04
11	Плиты древесно-стружечные неокрашенные толщиной 20 мм позади с воздушной прослойкой 50-150 мм	0,1	0,08	0,05	0,05	0,08	0,1
12	Плиты твердые древесно-волокнистые толщиной 4 мм, плотностью 1000 кг/м^3, позади с воздушной прослойкой 50-150 мм	0,3	0,16	0,08	0,05	0,04	0,08
13	Штукатурка гипсовая сухая толщиной 10 мм с воздушной прослойкой 50-150 мм	0,3	0,25	0,1	0,08	0,05	0,04
14	Переплеты оконные застекленные	0,3	0,2	0,15	0,1	0,06	0,04
15	Светопрозрачные ограждения из стеклоблоков	0,01	0,02	0,02	0,06	0,06	0,06
16	Пол паркетный	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
17	Пол дощатый на лагах	0,1	0,1	0,1	0,08	0,08	0,09
18	Линолеум на твердой основе	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
19	Ковер шерстяной толщиной 9 мм по бетону	0,09	0,08	0,21	0,26	0,27	0,37
20	Ковер на войлочной подкладке толщиной 3 мм по бетону	0,11	0,14	0,37	0,43	0,27	0,3
21	Портьеры хлопчатобумажные на подкладке со складками, поверхностная плотность ткани 0,5 кг/м^3	0,05	0,3	0,45	0,7	0,65	0,5

Продолжение таблицы Г.1

№	Наименование материала и конструкции	Коэффициент звукопоглощения для частоты (Гц)					
		125	250	500	1000	2000	4000
22	Портьеры плюшевые со складками, поверхностная плотность ткани 0,65 кг/м^3	0,15	0,35	0,55	0,7	0,7	0,65
23	Фибролит толщиной 50 мм с воздушной прослойкой 50-150 мм	0,2	0,45	0,45	0,5	0,6	0,65
24	Вентиляционные решетки	0,3	0,42	0,5	0,5	0,5	0,51
25	Вода в ванне бассейна	0,01	0,01	0,013	0,015	0,02	0,025
26	Проем сцены, оборудованной декорациями	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
27	Киноэкран	0,3	-	0,4	-	0,4	-
	Проем сцены	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
	Отверстие оркестровой ямы	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
	Покрытия полов в спортивных залах						
28	«Тарафлекс. Спорт М»	0,02	0,03	0,03	0,08	0,06	0,03
29	Искусственная трава фирмы «Полиграс»	0,07	0,07	0,075	0,1	0,39	0,52
30	«Астротурф»	0,1	0,15	0,3	0,5	0,7	0,5
32	«Спортан» пористый	0,05	0,06	0,07	0,1	0,3	0,5
33	«Спортан»	0,04	0,05	0,08	0,18	0,2	0,3
	Специальные звукопоглощающие материалы и конструкции						
36	Плиты гипсовые перфорированные с пористым заполнителем, размер 810х810х25 мм:						
	- без воздушной прослойки;	0,05	0,2	0,45	0,75	0,55	0,35
	- с воздушной прослойкой, мм						
	50	0,05	0,4	0,75	0,55	0,55	0,3
	100	0,15	0,6	0,75	0,55	0,5	0,3
	200	0,25	0,65	0,65	0,6	0,55	0,3
38	Плиты «Силакпор»:						
	- без воздушной прослойки;	0,2	0,5	0,65	0,6	0,6	0,6
	- с воздушной прослойкой 100 мм	0,5	0,7	0,6	0,55	0,55	0,6
39	Минские плиты А-1:						
	- без воздушной прослойки;	0,1	0,3	0,6	0,7	0,8	0,8
	- с воздушной прослойкой 200 мм	0,4	0,65	0,65	0,7	0,75	0,75
40	Плиты «Москва»:						
	- без воздушной прослойки;	0,1	0,25	0,8	0,6	0,5	0,35
	- с воздушной прослойкой 100 мм	0,2	0,6	0,6	0,5	0,35	0,5
42	Фибролит толщиной около 50 мм с воздушной прослойкой 50-150 мм	0,2	0,45	0,45	0,5	0,6	0,65

Таблица Г.2 – Эквивалентная площадь звукопоглощения слушателей и кресел

№	Слушатели и кресла	Эквивалентная площадь звукопоглощения на частотах (Гц), м^2					
		125	250	500	1000	2000	4000
1	Слушатель в кресле: - мягкое и полумягкое; - жесткое	 0,25 0,2	 0,3 0,25	 0,4 0,3	 0,45 0,35	 0,45 0,35	 0,4 0,35
2	Кресло мягкое	0,15	0,2	0,2	0,25	0,3	0,3
3	Кресло полумягкое, обитое воздухопроницаемой тканью	0,08	0,1	0,15	0,15	0,2	0,2
4	Кресло полумягкое, обитое искусственной кожей	0,08	0,1	0,12	0,1	0,1	0,08
5	Кресло жесткое	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05

Таблица Г.3 – Значения функции $\varphi(\alpha_{ср})=-\ln(1-\alpha_{ср})$ для расчета времени реверберации

$\alpha_{ср}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,1	0,1	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,19	0,2	0,21
0,2	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27	0,29	0,3	0,32	0,33	0,34
0,3	0,36	0,37	0,39	0,4	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48	0,49
0,4	0,51	0,53	0,54	0,56	0,58	0,6	0,62	0,64	0,65	0,67
0,5	0,69	0,71	0,73	0,76	0,78	0,8	0,82	0,84	0,87	0,89
0,6	0,92	0,94	0,97	0,99	1,02	1,05	1,08	1,11	1,14	1,17
0,7	1,2	1,24	1,27	1,31	1,35	1,39	1,43	1,47	1,51	1,56
0,8	1,61	1,66	1,72	1,77	1,83	1,9	1,97	2,04	2,12	2,21

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Образец титульного листа отчета по самостоятельной работе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Рязанский институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Московский политехнический университет»

Кафедра «Информатика и информационные технологии»

ОТЧЕТ

по самостоятельной работе
по дисциплине
«Архитектурная физика»

на тему:

«**Проектирование жилого помещения**»

Выполнил:
студент гр._____
ФИО_____

Проверил:
_____
(должность, ФИО)

Рязань
20___

Учебное издание

Тинина Елена Валериевна

АРХИТЕКТУРНАЯ ФИЗИКА

Учебное пособие

Подписано в печать _____. Тираж 20 экз.
Рязанский институт (филиал)
Московского политехнического университета
390000, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53