

Министерство науки и образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра теплогазоснабжения, вентиляции и гидромеханики

Р. С. Закируллин

АРХИТЕКТУРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 07.03.01 Архитектура, 07.03.03 Дизайн архитектурной среды, 08.04.01 Строительство, 54.03.01 Дизайн

Оренбург
2019

УДК 624.04 (076.5)
ББК 38.113я73
3180

Рецензент – профессор, доктор физико-математических наук С. Н. Летута

3180 **Закируллин, Р. С.**
Архитектурная и строительная физика : методические указания / Р. С. Закируллин; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019.

Методические указания содержат методику светотехнического и акустического расчета помещения.

Методические указания предназначены для выполнения курсовых, контрольных и лабораторных работ, расчетно-графических и домашних заданий и разделов ВКР по дисциплинам «Архитектурная физика», «Инженерные системы зданий и сооружений», «Инженерные системы и оборудование в архитектуре», «Инженерные системы и оборудование средовых комплексов», «Проектирование инженерного оборудования в архитектуре», «Реконструкция систем теплоснабжения и газоснабжения», «Системы теплоснабжения производства строительных материалов», «Строительная физика в дизайне среды», «Энергосбережение в системах теплоснабжения» для обучающихся по направлениям подготовки 07.03.01 Архитектура, 07.03.03 Дизайн архитектурной среды, 08.04.01 Строительство, 54.03.01 Дизайн всех форм обучения.

УДК 624.04 (076.5)

ББК 38.113я73

© Закируллин Р. С., 2019
© ОГУ, 2019

Содержание

Введение	4
1 Задание, структура и правила оформления работы.....	5
1.1 Задание на выполнение работы	5
1.2 Структура курсовой работы	8
1.3 Правила оформления работы	10
2 Порядок выполнения курсовой работы	12
2.1 Построение инсоляционного графика, анализ инсоляционного режима	12
2.2 Расчет естественного освещения помещения	19
2.3 Проектирование искусственного освещения и светового цвета в помещении	28
2.4 Расчет уровня шума в помещении.....	33
2.5 Расчет индекса изоляции шума, времени реверберации и геометрических отражений.....	42
Список использованных источников	49
Приложение А.....	50

Введение

В методических указаниях приведена информация о порядке получения заданий на выполнение курсовых и контрольных работ и разделов ВКР, расчетно-графических заданий, домашних заданий, структуре и правилах оформления работ и порядке выполнения курсовой работы.

Целью разработки методических указаний является обеспечение возможности самостоятельного выполнения работ по дисциплинам «Архитектурная физика», «Инженерные системы зданий и сооружений», «Инженерные системы и оборудование в архитектуре», «Инженерные системы и оборудование средовых комплексов», «Проектирование инженерного оборудования в архитектуре», «Реконструкция систем теплоснабжения и газоснабжения», «Системы теплоснабжения производства строительных материалов», «Строительная физика в дизайне среды», «Энергосбережение в системах теплоснабжения» обучающимися по направлениям подготовки 07.03.01 Архитектура, 07.03.03 Дизайн архитектурной среды, 08.04.01 Строительство, 54.03.01 Дизайн всех форм обучения. Методика расчетов световой и акустической среды для выполнения всех видов работ аналогична.

Задание на выполнение раздела ВКР по архитектурной физике выдается консультантом соответствующего раздела после подготовки студентом архитектурной части проекта на основе предоставленных чертежей генплана, планов типовых этажей и фасадов проектируемого объекта. Перечень и порядок выполнения раздела «Архитектурная физика» устанавливается консультантом индивидуально для каждого студента в зависимости от вида проектируемого объекта и его местонахождения.

Основной задачей разработки методических указаний является расширение возможностей для более квалифицированного использования студентами литературы по архитектурной и строительной физике и нормативных данных.

1 Задание, структура и правила оформления работы

1.1 Задание на выполнение работы

Для получения задания студент должен подготовить следующие материалы на листах формата А4:

- заполненный бланк задания;
- ксерокопию плана типового этажа и фасада строящегося здания;
- генпланы территории застройки для 1 и 2 разделов.

Примеры оформления бланка задания приведены в [1]. Перед получением задания студент заполняет на бланке выбранный район строительства или реконструкции, этажность выбранного объекта строительства, номер группы, Ф.И.О.

Для раздела «Светотехнический расчет помещения» район строительства или реконструкции (населенный пункт – предпочтительно областной или республиканский центр в странах бывшего СССР, кроме городов Оренбург, Ташкент и Москва) выбирается каждым студентом учебной группы индивидуально и не повторяется в данной группе. Для раздела «Акустический расчет помещения» для всех вариантов районом реконструкции является г. Оренбург. Номера вариантов совпадают с номерами в списке студенческой группы в алфавитном порядке.

План типового этажа и фасад строящегося жилого здания ксерокопируются из каталога [2] или других аналогичных каталогов зданий (выбираются каждым студентом учебной группы индивидуально и не повторяются в данной группе, пример приведен на рисунке 1). Этажность строящегося здания от 3 до 10 этажей, предпочтителен выбор зданий в форме параллелепипеда (с плоской крышей). Этаж расчетного помещения и расчетная точка M указываются преподавателем при выдаче задания.

Генплан для раздела «Светотехнический расчет помещения» вычерчивается в масштабе 1:500 каждым студентом учебной группы индивидуально (участок строительства считается горизонтальным), указывается расположение двух зданий – вы-

бранного объекта строительства и здания окружающей застройки этажностью от 3 до 10 этажей (этажность двух зданий должна быть разной).

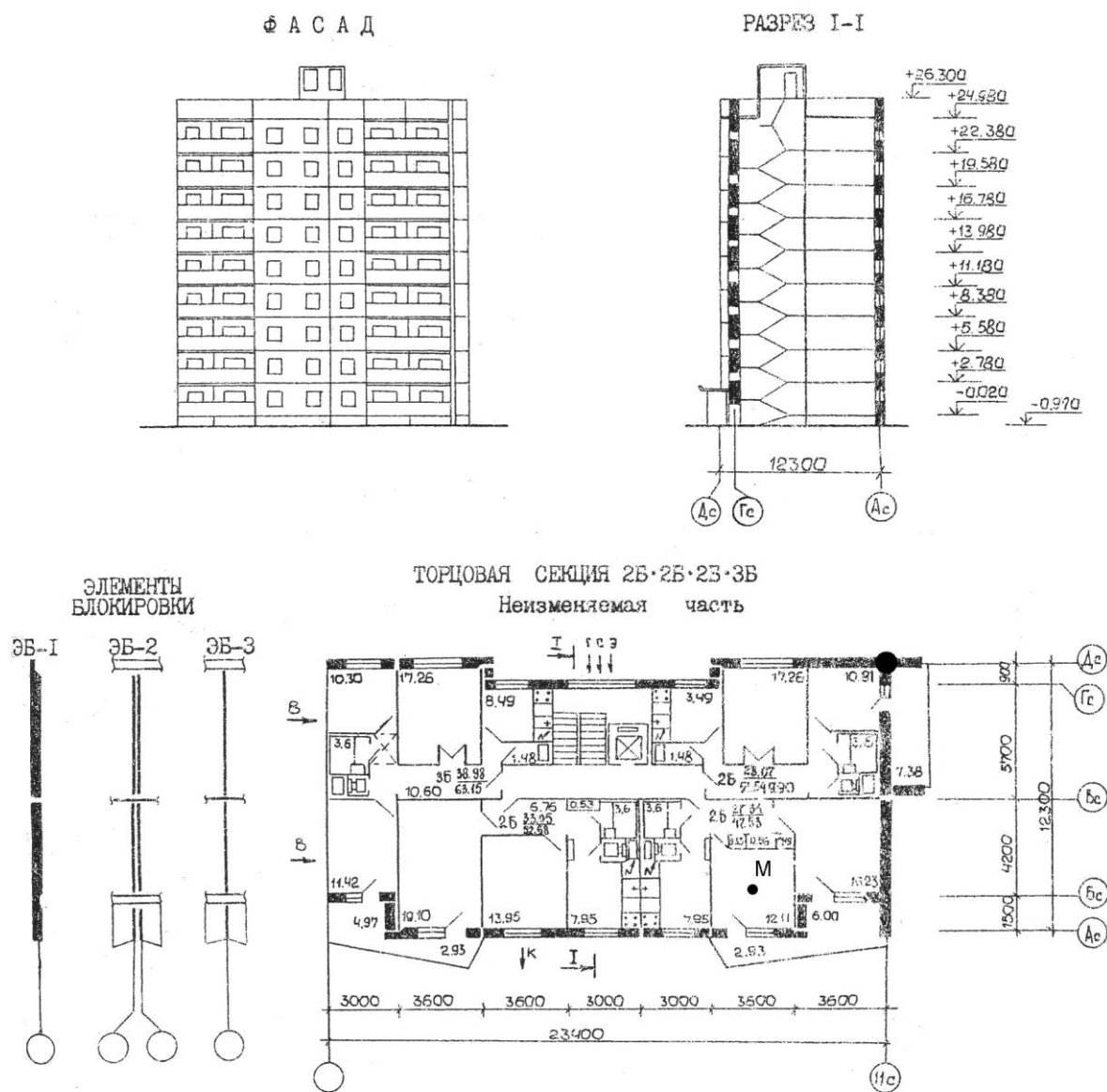


Рисунок 1 – Фасад и план типового этажа (М 1:300)

Направление севера и расчетная точка *A* на территории застройки указываются преподавателем при выдаче задания. Пример оформления генплана приведен на рисунке 2. Некоторые варианты расположения зданий на генплане приведены в приложении А (здания не должны быть параллельны или перпендикулярны друг к другу). Сплошные толстые линии на всех рисунках, приведенных в методических

указаниях, относятся к строящемуся зданию, штриховые – к зданию окружающей застройки. Для облегчения чтения расчетных рисунков при выполнении работы вместо сплошных толстых линий применяются красные линии, штриховых – зеленые. Линии, касающиеся расчетного помещения, в схемах выделяются синим цветом. Вспомогательные тонкие линии выполняются черным цветом.

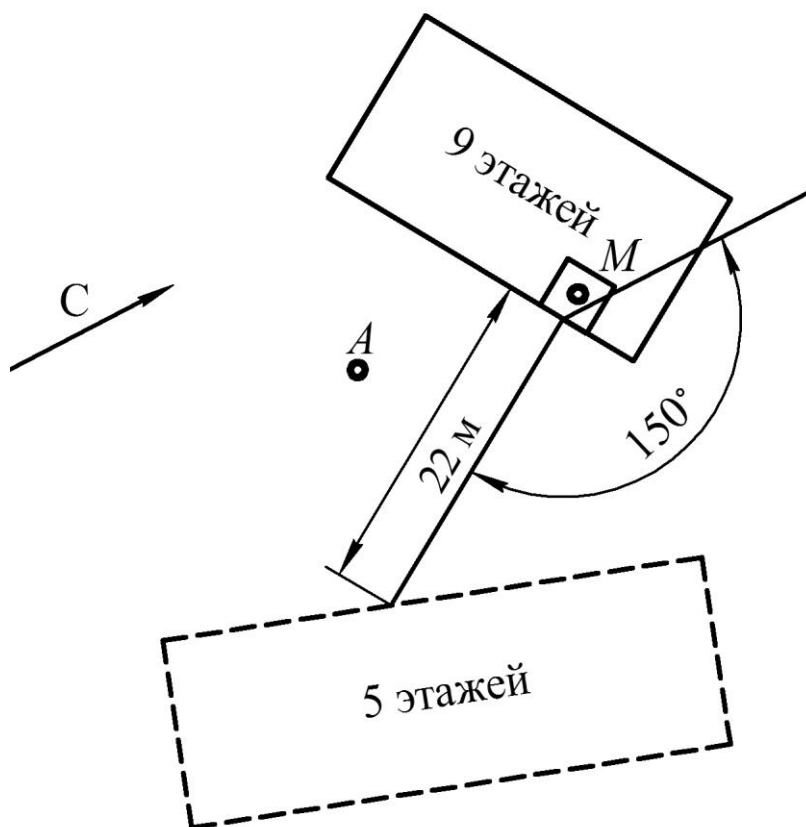


Рисунок 2 – Генплан к разделу «Светотехнический расчет помещения» (М 1:500)

Генплан в масштабе 1:500 для раздела «Акустический расчет помещения» с привязкой строящегося здания выдается преподавателем. Расчетная точка *B* находится на расстоянии 2 м от внешней поверхности ограждения по середине окна расчетного помещения (расчетным помещением для раздела «Акустический расчет помещения» является то же помещение с расчетной точкой *M*, что и в разделе «Светотехнический расчет помещения»), указывается на генплане студентом. Пример оформления генплана для раздела приведен на рисунке 3.

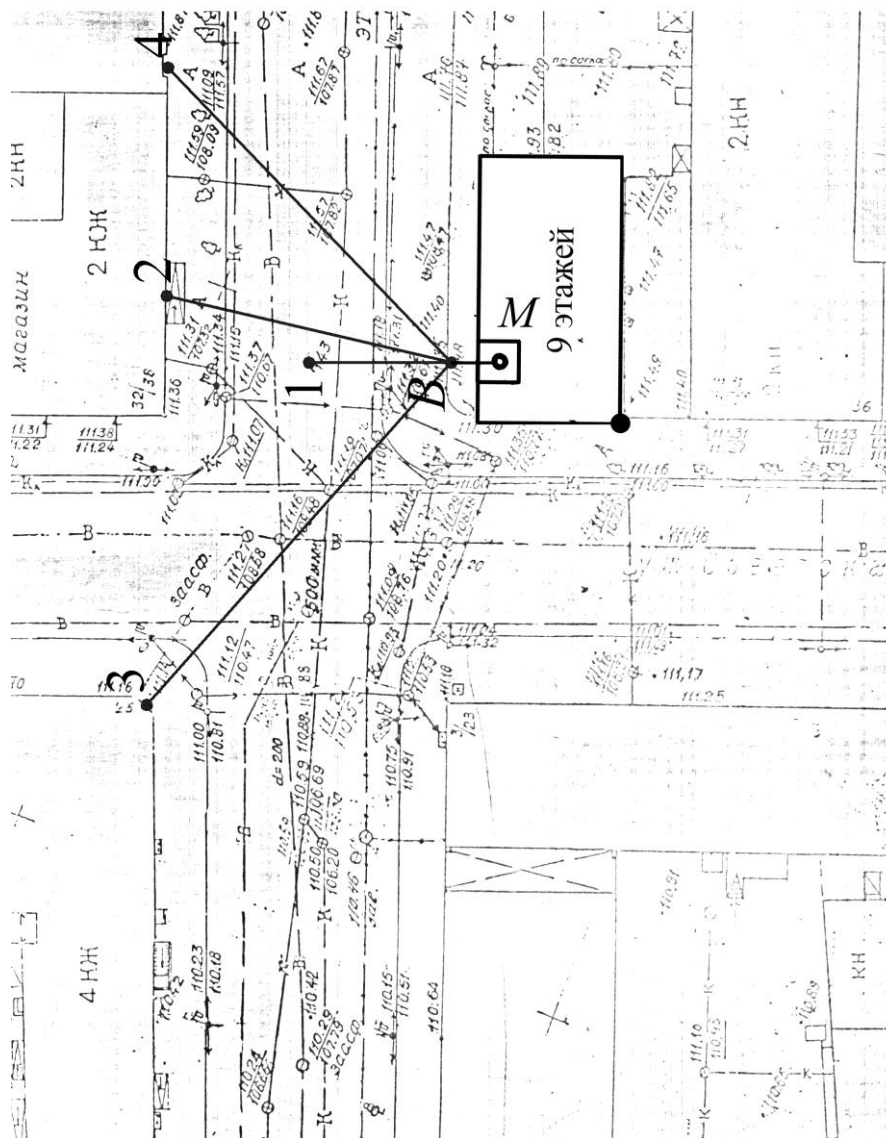


Рисунок 3 – Генплан к разделу «Акустический расчет помещения» (М 1:500)

1.2 Структура курсовой работы

Курсовая работа содержит:

- титульный лист;
- задание (к заданию прилагаются генпланы для 1 и 2 разделов, план типового этажа и фасад строящегося здания с указанием расчетных точек *A*, *B*, *M* и расчетных точек источников шума, а также направления севера);
- аннотацию;
- содержание;

- введение;
- основную часть;
- список использованных источников.

Основная часть курсовой работы состоит из двух разделов.

1 Содержание раздела «Светотехнический расчет помещения».

1.1 Построение инсоляционного графика, анализ инсоляционного режима.

1.1.1 Определение географических координат района строительства и разницы между солнечным и декретным временем для летнего периода.

1.1.2 Построение инсоляционного графика для дней равноденствия на выбранной широте для солнечного времени.

1.1.3 Определение продолжительности инсоляции в расчетной точке A на ген-плане застройки.

1.1.4 Построение теней с учетом окружающей застройки и проектируемого здания и определение границ территории застройки, где инсоляция территории ниже нормативных требований.

1.1.5 Определение с помощью инсоляционного графика зоны инсоляции на поверхности пола расчетного помещения.

1.2 Расчет естественного освещения помещения.

1.2.1 Анализ условий освещения и внешнего окружения.

1.2.2 Определение нормированного значения коэффициента естественной освещенности (к.е.о.) и ориентировочный анализ естественного освещения.

1.2.3 Проверочный расчет естественного освещения – расчет к.е.о. в помещении без учета и с учетом затенения окружающей застройкой.

1.2.4 Построение кривой к.е.о. по результатам расчета и вывод о соответствии естественного освещения нормативным требованиям.

1.2.5 При необходимости – предложение вариантов коррекции неудачного проектного решения.

1.3 Проектирование искусственного освещения и цветоцветовой среды в помещении.

1.3.1 Разработка подхода к архитектурно-художественному освещению помещения и выбор светлотных соотношений поверхностей.

1.3.2 Выбор основных параметров цветоцветового решения помещения.

1.3.3 Определение нормированной освещенности рабочей поверхности.

1.3.4 Расчет освещенности в расчетной точке, выбор источников света и осветительных приборов, разработка схемы размещения в помещении.

1.3.5 Эскиз цветоцветовой среды в помещении.

2 Содержание раздела «Акустический расчет помещения».

2.1 Расчет уровня шума в помещении.

2.1.1 Определение допустимых уровней шума в помещении.

2.1.2 Определение шумовых характеристик транспортных потоков и других источников внешнего шума в районе строительства.

2.1.3 Расчет ожидаемого максимального уровня звука от внешних шумов в расчетных точках B и M , сравнение с допустимым уровнем шума.

2.1.4 Расчет ожидаемого уровня звука от источников внутреннего шума.

2.1.5 Анализ пикового ожидаемого уровня шума в точке M одновременно от внешних и внутренних источников.

2.2 Расчет индекса изоляции шума, времени реверберации и геометрических отражений.

2.2.1 Определение индекса изоляции воздушного шума для одной из внутренних стен помещения.

2.2.2 Расчет времени реверберации заданного помещения.

2.2.3 Расчет геометрических отражений в заданном помещении от источника звука относительно места нахождения слушателя.

1.3 Правила оформления работы

Курсовая работа оформляется в соответствии со стандартом [1]. Все рисунки и таблицы помещаются в пояснительной записке после первой ссылки в тексте.

Ввиду сложности рисунков и чертежей для чтения (образцы рисунков приведены в разделе 2) предпочтительно вместо сплошных толстых линий, относящихся к строящемуся зданию, применять красные линии, вместо штриховых толстых линий, относящихся к окружающей застройке, – зеленые линии, вместо сплошных линий, относящихся к расчетному помещению, – синие линии. Все вспомогательные линии выполняются тонкими черными линиями.

2 Порядок выполнения курсовой работы

Для выполнения курсовой работы необходимы следующие материалы и инструменты: учебник по архитектурной физике [3], географический атлас (для определения долготы и широты района строительства), ксерокопия фасада и плана типового этажа строящегося здания, листы формата А4, калька формата А4 (2 листа), калькулятор, линейка, треугольник, транспортир, циркуль, карандаши простые, ручки или фломастеры (синего, зеленого и красного цветов).

В последующих разделах и подразделах методических указаний в скобках приведены ссылки на примеры выполнения и описание работ в учебной литературе [3] (для удобства указаны номера страниц, таблиц, формул и рисунков), при выполнении каждого пункта предварительно необходимо изучить указанные страницы. Также в каждом пункте приводятся примеры расчетов и соответствующие рисунки и таблицы. В литературе [3] собраны все необходимые табличные и справочные данные для выполнения курсовой работы. Для расширенного изучения методов светотехнического и акустического расчетов рекомендуется также литература [4-11].

2.1 Построение инсоляционного графика, анализ инсоляционного режима

2.1.1 Определяются географические координаты района строительства и разница между солнечным и декретным временем для летнего периода (с. 213-215 [3]). Для выполнения данного пункта необходимо предварительно определить долготу и широту населенного пункта (значения долготы и широты округляются до целых градусов), а также часовой пояс по карте часовых поясов, приведенной на с. 214 [3]. Обратите внимание, что если город находится восточнее среднего меридиана данного часового пояса, то при нахождении поясного времени разницу между местным солнечным и поясным временем необходимо отнимать от 12 ч 00 мин, если западнее – соответственно прибавлять. Пример выполнения обоих разделов курсовой работы

ниже приводится для г. Оренбурга. При использовании справочных данных, формул, таблиц и рисунков из [3] приводятся ссылки с указанием страниц.

Определяем географические координаты района строительства: г. Оренбург расположен на 52° северной широты и 55° восточной долготы. По карте часовых поясов (с. 214 [3]) находим, что г. Оренбург относится к V часовому поясу со средним меридианом 60° . Определяем разницу между солнечным и декретным временем для г. Оренбурга для летнего периода (с. 213-215 [3]). Разница между долготой г. Оренбурга и средним меридианом часового пояса равна 5° .

Разница между местным солнечным и поясным временем для г. Оренбурга равна: $5^\circ \times 4 \text{ мин} = 20 \text{ мин}$.

Учитывая, что г. Оренбург находится западнее среднего меридиана пояса, для определения поясного времени полученную разницу прибавляем к солнечному полдню: $12 \text{ ч } 00 \text{ мин} + 0 \text{ ч } 20 \text{ мин} = 12 \text{ ч } 20 \text{ мин}$.

Декретное время в г. Оренбурге: $12 \text{ ч } 20 \text{ мин} + 1 \text{ ч} = 13 \text{ ч } 20 \text{ мин}$.

2.1.2 Строится инсоляционный график для дней равноденствия на выбранной широте для солнечного времени (с. 215-218 [3]). Инсоляционный график необходимо построить на прозрачной кальке по первому из двух приведенных способов [3]. График строится через каждые 5° положения солнца на небе, что соответствует 20 мин времени движения солнца по часам.

Строим инсоляционный график для дней равноденствия для широты г. Оренбурга (52° с. ш.) для солнечного времени. Инсоляционный график строим по первому способу, приведенному на с. 215-216 [3]. Схема построения инсоляционного графика приведена на рисунке 4. Инсоляционный график для г. Оренбурга (52° с. ш.) приведен на рисунке 5.

2.1.3 Определяется продолжительность инсоляции в точке А на генплане застройки за время с 7 до 17 часов (с. 218 [3]). Нормативная продолжительность инсоляции приведена на с. 209-211 [3]. Цена делений горизонталей для генплана приводится с левого края инсоляционного графика (в масштабе 1:500). В этом масштабе на график наносятся высоты строящегося и существующего зданий (соответствующим

щими цветами). Для определения продолжительности инсоляции необходимо сделать копию генплана для 1 раздела, после приложения инсоляционного графика на копию генплана наносятся проекции 6, 7, 12, 17 и 18-часовых лучей, а также высоты строящегося и существующего зданий (соответствующими цветами). Штриховка за-
 теняющих частей обоих зданий в плане производится теми же цветами. Определенную продолжительность инсоляции необходимо сравнить с нормативной.

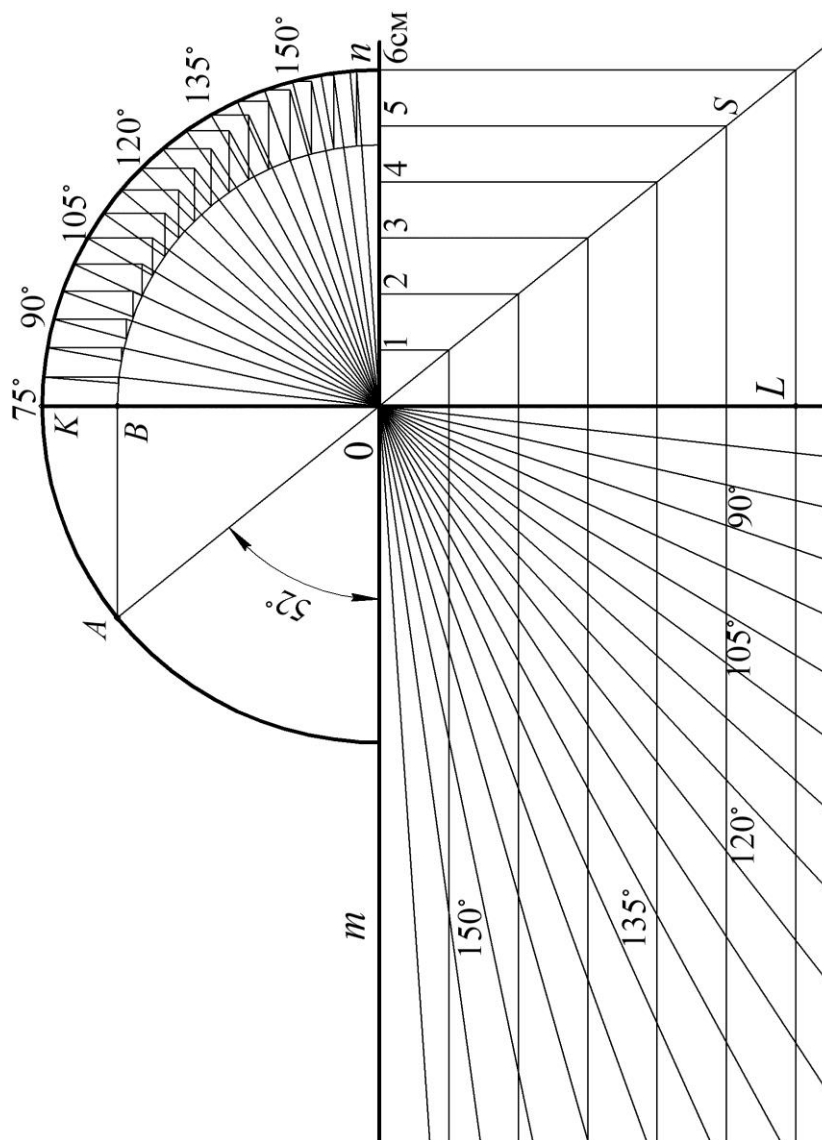


Рисунок 4 – Построение инсоляционного графика для г. Оренбурга (52° с. ш.)

Определяем продолжительность инсоляции в точке *A* за время с 7 до 17 часов по методике, изложенной на с. 218 [3]. Нормативная продолжительность инсоляции

для широты г. Оренбурга составляет 2 ч 30 мин в день (с. 209 [3]). Для определения продолжительности инсоляции совмещаем расчетную точка *A* на рисунке 6 с точкой 0 инсоляционного графика и ориентируем график по направлению к северу. Наносим высоты зданий, проекции 6, 7, 12, 17 и 18-часовых лучей, а также характерных для инсоляции лучей солнца. Части зданий в плане, препятствующие инсоляции, заштриховываем. Из рисунка 6 видно, что точка *A* в течение дня инсолируется один раз: с 10 ч 30 мин до 17 ч 00 мин (общая продолжительность инсоляции - 6 ч 30 мин). Продолжительность инсоляции полностью удовлетворяет нормативам.

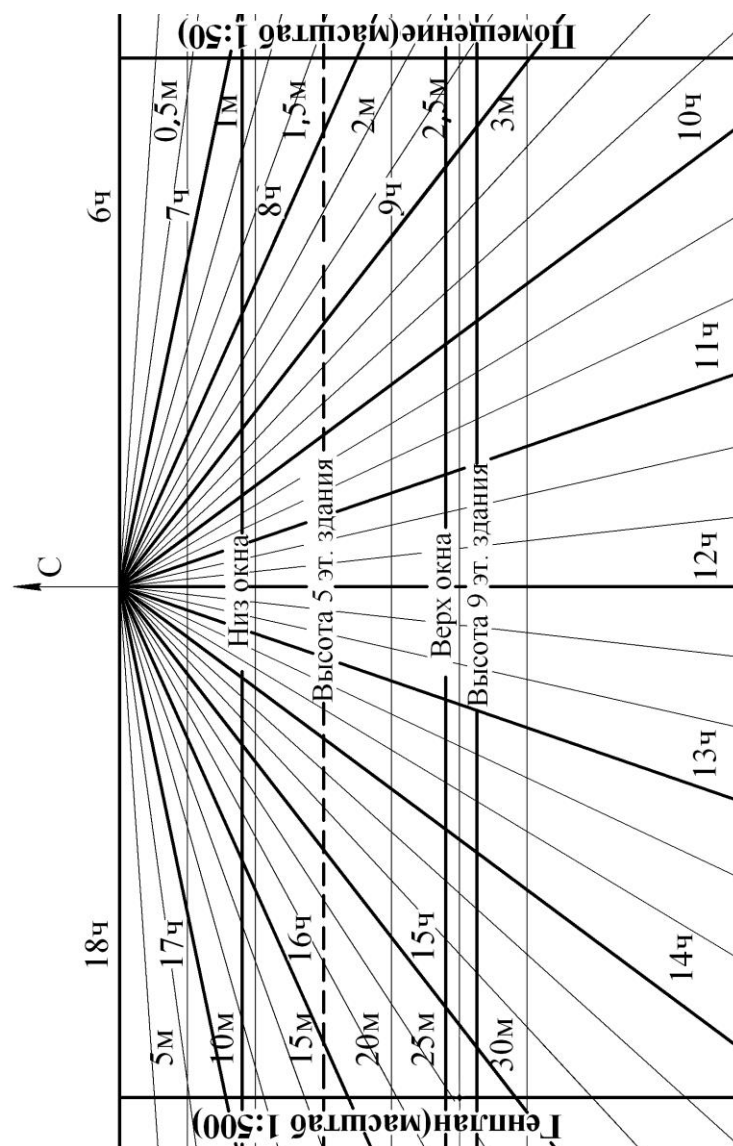


Рисунок 5 – Инсоляционный график для г. Оренбурга (52° с. ш.)

2.1.4 Строятся тени с учетом окружающей застройки и проектируемого здания с помощью инсоляционного графика и определяются границы территории, где инсоляция ниже нормы (с. 218-219, 209-211 [3]). Для построения теней необходимо сделать копию генплана на листе формата А4 (допускается также формат А3), сориентировав генплан таким образом, чтобы уместились тени за максимальное количество часов, т. е. учесть, что тени от зданий будут в северном секторе. Тени строятся от обоих зданий через каждый час от 6 до 18 ч без учета наложения теней на фасады зданий. Границы теней обводятся соответствующими цветами. Территория, где инсоляция ниже нормы, штрихуется.

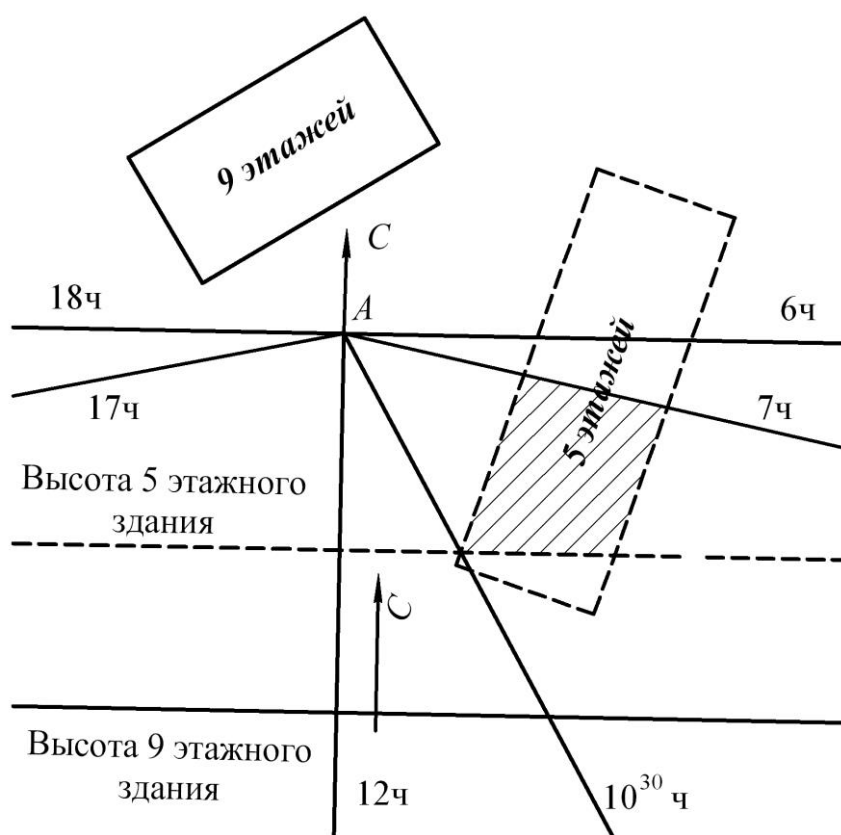


Рисунок 6 – Определение продолжительности инсоляции (М 1:500)

Строим тени с учетом окружающей застройки и проектируемого здания с помощью инсоляционного графика (рисунок 7) и определяем границы территории, где инсоляция ниже нормы (с. 218-219, 209-211 [3]). Тени строим от обоих зданий через каждый час от 6 до 18 ч без учета наложения теней на фасады зданий. Для построения теней поочередно совмещаем угловые точки обоих зданий на рисунке 7 с точ-

кой 0 инсоляционного графика и ориентируем график по направлению к югу, отмечаем на линиях соответствующих высот зданий через каждый час проекции угловых точек зданий и обводим области теней. Территорию, где инсоляция ниже нормы, заштриховываем (рисунок 7).

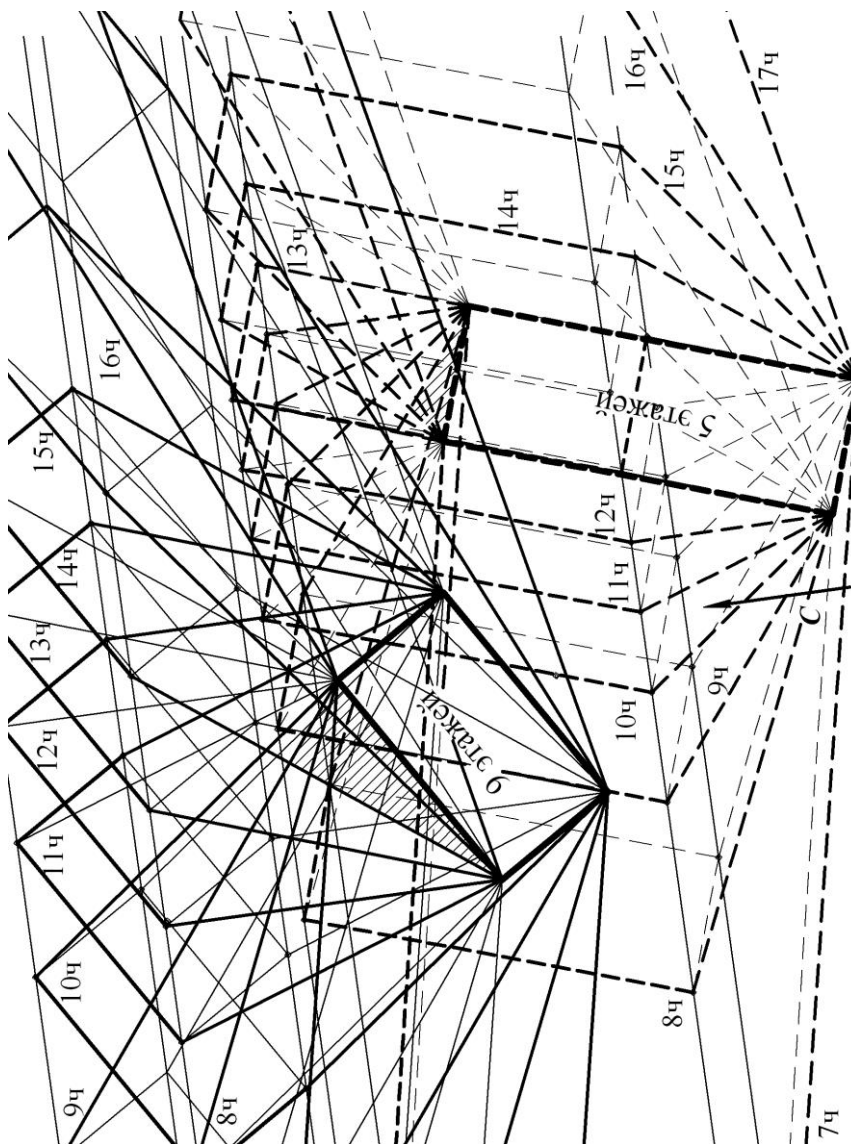


Рисунок 7 – Построение теней (М 1:500)

2.1.5 С помощью инсоляционного графика определяются зоны инсоляции на поверхности пола расчетного помещения путем построения траектории движения четырех углов оконного проема по внутренней стороне стены по принципу построения теней (с. 218-219 [3]). Строится план расчетного помещения в масштабе 1:50, в

том же масштабе на инсоляционном графике наносится цена делений горизонталей (с правого края графика) и указываются высоты низа и верха окна от пола (синими линиями). Аналогично построению теней определяются световые пятна на поверхности пола через каждый час без учета наложения их на стены (строятся световые пятна только для тех часов, когда хотя бы часть их попадает на поверхность пола).

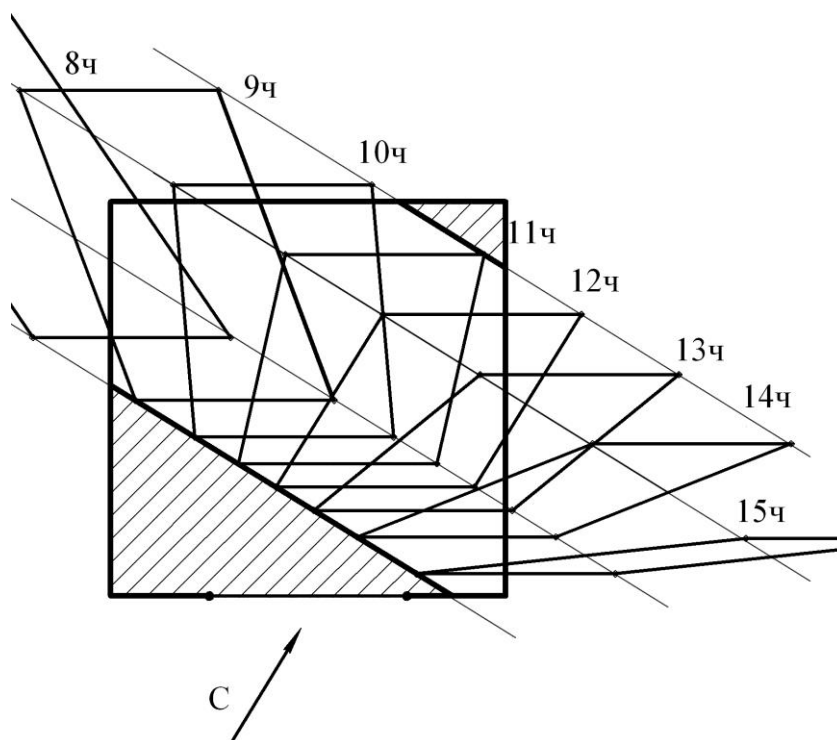


Рисунок 8 – Определение зоны инсоляции в помещении (М 1:50)

Определяем зоны инсоляции в помещении путем построения траектории движения четырех углов оконного проема по внутренней стороне стены по принципу построения теней (с. 218-219 [3]). Строим план расчетного помещения в масштабе 1:50 (рисунок 8), в том же масштабе на инсоляционном графике (рисунок 5) наносим цену делений горизонталей и указываем высоты низа и верха окна от пола (соответственно 0,9 и 2,4 м). Определяем световые пятна на поверхности пола через каждый час без учета наложения их на стены.

2.2 Расчет естественного освещения помещения

2.2.1 Производится анализ условий естественного освещения (по карте светоклиматического районирования (с. 90 [3]) определяется световой климат района строительства или реконструкции, рассчитывается ориентация (азимут) фасада расчетного светового проема по сторонам горизонта) и кратко описываются условия внешнего окружения - ландшафт и характер застройки (с. 87-96 [3]).

По карте светоклиматического районирования (с. 90 [3]) определяем, что г. Оренбург относится к III поясу светового климата и к зоне с неустойчивым снежным покровом. Ландшафт в районе строительства ровный горизонтальный, кроме строящегося здания на территории застройки находится 5-этажное здание. Определяем азимут фасада расчетного светового проема – 150° и расстояние от расчетного окна до фасада противостоящего здания - 22 м (указаны на рисунке 2).

2.2.2 С учетом пояса светового климата определяется нормированное значение коэффициента естественной освещенности (к.е.о.) e_n , % (формула (4.12), с. 108 [3]). Проводится ориентировочный анализ естественного освещения (формула (4.13), с. 110 [3]).

Рассчитанное значение площади окна S_o сравнивается с проектной площадью окна $S_{пр}$, приводится вывод о соответствии нормативным требованиям.

Определяем нормированное значение коэффициента естественной освещенности (к.е.о.) e_n , % (формула (4.12), с. 108 [3]):

$$e_n^{I, II, IV, V} = e_n^{III} m C, \quad (1)$$

где $e_n^{I, II, IV, V}$ – значение к.е.о. для данного пояса, %; e_n^{III} – нормированное значение к.е.о. (для жилых комнат по таблице 4.14, с. 103 [3] $e_n^{III} = 0,5$ %); m – коэффициент светового климата (определяем по таблице 4.11, с. 100 [3], для III пояса $m = 1$); C – коэффициент солнечности климата (определяем по таблице 4.12, с. 100 [3], для III пояса независимо от азимута расчетного окна коэффициент $C = 1$).

Таким образом, по формуле (1) нормированное значение к.е.о. равно:

$$e_n = e_n^{\text{III}} m C = 0,5 \times 1 \times 1 = 0,5\%.$$

Проводим ориентировочный анализ естественного освещения по формуле (4.13), с. 110 [3]:

$$S_o = \frac{S_{\text{п}} e_n K_3 \eta_o K_{\text{зд}}}{100 \tau_o r_1}, \quad (2)$$

где S_o – площадь окна (в свету), м^2 ; $S_{\text{п}}$ – площадь пола помещения, м^2 ($S_{\text{п}} = 12,96 \text{ м}^2$); e_n – нормированное значение к.е.о., % ($e_n = 0,5 \%$); K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение в процессе эксплуатации (по таблице 4.15, с. 104 [3] $K_3 = 1,2$); η_o – световая характеристика окон (по таблице 4.16, с. 104 [3] $\eta_o = 15$); $K_{\text{зд}}$ – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями (по таблице 4.17, с. 105 [3] $K_{\text{зд}} = 1,1$); τ_o – общий коэффициент светопропускания; r_1 – коэффициент, учитывающий повышение к.е.о. при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию (для расчета данного коэффициента необходимо подобрать материалы для отделки помещения из таблицы 4.28, с. 117 [3] или из таблицы к лабораторной работе № 3 [4]).

Общий коэффициент светопропускания окна рассчитывается по формуле (4.13), с. 110 [3]:

$$\tau_o = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5, \quad (3)$$

где τ_1 – коэффициент светопропускания материала (по таблице 4.18, с. 105 [3] $\tau_1 = 0,8$); τ_2 – коэффициент, учитывающий потери света в переплётах светопроёма (по таблице 4.18, с. 105 [3] $\tau_2 = 0,65$); τ_3 – коэффициент, учитывающий затенение несущими конструкциями (по таблице 4.18, с. 105 [3] $\tau_3 = 1$); τ_4 – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах (по таблице 4.19, с. 105 [3]

$\tau_4 = 1$); τ_5 – коэффициент, учитывающий затенение защитной сеткой, устанавливаемой под фонарём (по с. 110 [3] $\tau_5 = 0,9$).

По формуле (3) общий коэффициент светопропускания:

$$\tau_0 = 0,8 \times 0,65 \times 1 \times 1 \times 0,9 = 0,46.$$

Средневзвешенный коэффициент отражения ρ_{cp} по формуле (4.16), с. 110 [3]:

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_{ст} S_{ст} + \rho_{пт} S_{пт} + \rho_{п} S_{п}}{S_{ст} + S_{пт} + S_{п}}, \quad (4)$$

где $\rho_{ст}$ – коэффициент отражения стен (по таблице 4.28, с. 117 [3] для светложелтой окраски $\rho_{ст} = 0,5$); $\rho_{пт}$ – коэффициент отражения потолка (по таблице 4.28, с. 117 [3] для побелки $\rho_{пт} = 0,75$); $\rho_{п}$ – коэффициент отражения пола (по таблице 4.28, с. 117 [3] для паркета светлого ($\rho_{п} = 0,3$); $S_{ст}$ – площадь стен, определенная без вычета площади окна и двери ($S_{ст} = 2 (L + B) \times H = 2 \times (3,6 + 3,6) \times 2,7 = 38,88 \text{ м}^2$); $S_{пт}$ – площадь потолка ($S_{пт} = 12,96 \text{ м}^2$); $S_{п}$ – площадь пола ($S_{п} = 12,96 \text{ м}^2$);

Коэффициент ρ_{cp} по формуле (4) равен:

$$\rho_{cp} = \frac{0,5 \times 38,88 + 0,75 \times 12,96 + 0,3 \times 12,96}{38,88 + 12,96 + 12,96} = 0,51$$

тогда для расчетной точки M по таблице 4.20, с. 106 [3]: $r_1 = 1,6$.

По формуле (2) рассчитываем площадь окна, удовлетворяющую нормативным требованиям:

$$S_0 = \frac{12,96 \times 0,5 \times 1,2 \times 15 \times 1,1}{100 \times 0,46 \times 1,6} = 1,74 \text{ м}^2.$$

По рисунку 1 проектная площадь окна составляет: $S_{пр} = 2,7 \text{ м}^2$, т. е. полностью удовлетворяет нормативам.

2.2.3 Проводится проверочный расчет естественного освещения на рабочей поверхности помещения – расчет к.е.о. в точке M и точках, удаленных через каждый 1 м в обе стороны по характерному разрезу помещения по оси окна с помощью графиков Данилюка (с. 431-432 [3]), определяются величины к.е.о. в помещении без учета (e°) и с учетом (e°_p) затенения окружающей застройкой (формулы (4.17)-(4.24), с. 110-121 [3]). Для определения величин геометрических к.е.о. в помещении без учета затенения окружающей застройкой необходимо сложить количества падающих на расчетные точки прямых лучей и лучей, отраженных от фасада противоположного здания. Все расчетные данные заносятся в таблицу, пример оформления – таблица 4.27 (с. 114[3]). В таблицу необходимо добавить данные о суммарном количестве падающих лучей и значениях к.е.о. в помещении без учета затенения окружающей застройкой e° (таблица 1).

Таблица 1 – Значения параметров для расчета к.е.о.

№ точки	1	M	2
Число прямых лучей по графику I, n_1	23	9	2
Число прямых лучей по графику II, n_2	25	13	4
Геометрический к.е.о. от прямых лучей, ε_6	5,75	1,17	0,08
Число отраженных лучей по графику I, n'_1	4	4	4
Число отраженных лучей по графику II, n'_2	59	40	34
Геометрический к.е.о. от отраженных лучей, $\varepsilon_{зд}$	2,36	1,60	1,36
Общее количество лучей по графику I, $n_{1общ}$	27	13	6
Общее количество лучей по графику II, $n_{2общ}$	84	53	38
Угловая высота середины светопроёма над рабочей поверхностью, θ , град.	49	26	17
Коэффициент неравномерности яркости неба, q	1,07	0,90	0,83
Коэффициент относительной яркости фасада, R	0,20	0,24	0,24
Средневзвешенный коэффициент отражения, $\rho_{ср}$	0,51	0,51	0,51
Расстояние расчётной точки от внешней поверхности наружной стены, l , м	0,8	1,8	2,8

Продолжение таблицы 1 – Значения параметров для расчета к.е.о.

Индекс противостоящего здания в разрезе, z_1	0,70	1,50	2,25
Индекс противостоящего здания на плане, z_2	0,33	0,70	1,06
Отношение длины помещения к его глубине, $l_{п}/B$	1	1	1
Отношение глубины помещения к его высоте от уровня условной рабочей поверхности, B/h_1	2,25	2,25	2,25
Коэффициент светопропускания, τ_0	0,46	0,46	0,46
Отношение расстояния расчетной точки от внешней поверхности наружной стены к глубине помещения, l/B	0,22	0,50	0,78
Коэффициент повышения к.е.о. при боковом освещении, r_1	1,20	1,60	2,25
Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение в процессе эксплуатации, K_3	1,2	1,2	1,2
Величина к.е.о. в помещении без учета затенения окружающей застройкой, e^{δ}	22,68	6,89	2,28
Величина к.е.о. в помещении с учетом затенения окружающей застройкой, e^{δ}_p	3,11	0,90	0,35
Нормированное значение к.е.о., e_n	0,5	0,5	0,5

Проводим проверочный расчет естественного освещения на рабочей поверхности помещения – расчет к.е.о. в точке M и в точках, удаленных через каждый 1 м в обе стороны по разрезу помещения с помощью графиков Данилюка (с. 431-432 [3]), определяем величины к.е.о. в помещении без учета (e^{δ}) и с учетом (e^{δ}_p) затенения окружающей застройкой (формулы (4.17)-(4.24), с. 110-121 [3]). Расчетные схемы для определения количества лучей приведены на рисунках 3.9-3.11. Рисунок 9 выполняем на кальке.

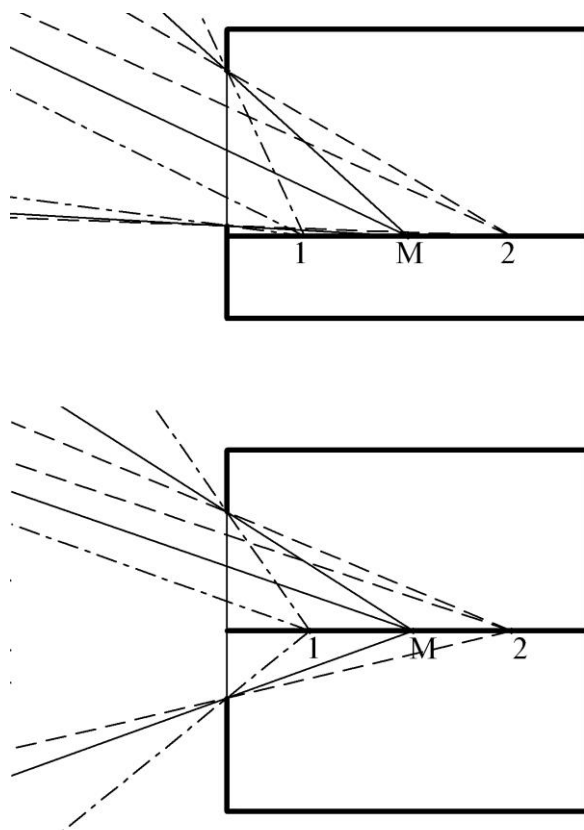


Рисунок 9 – Разрез и план помещения (М 1:50)

Расчет к.е.о. для каждой расчетной точки проводим по формуле (4.17), с. 110 [3]:

$$e_p^{\bar{0}} = (\varepsilon_6 q + \varepsilon_{зд} R) r_1 \frac{\tau_0}{K_3}, \quad (5)$$

где ε_6 – геометрический – к.е.о. в расчётной точке при боковом освещении, учитывающий прямой свет неба, определяющийся по графикам Данилюка; q – коэффициент, учитывающий неравномерную яркость облачного неба (определяем по таблице 4.25, с. 108 [3]); $\varepsilon_{зд}$ – геометрический к.е.о. в расчётной точке при боковом освещении, учитывающий свет, отражённый от фасада противостоящего здания, определяющийся по графикам Данилюка; R – коэффициент, учитывающий относительную яркость фасада противостоящего здания (определяем по таблице 4.26, с. 109 [3]).

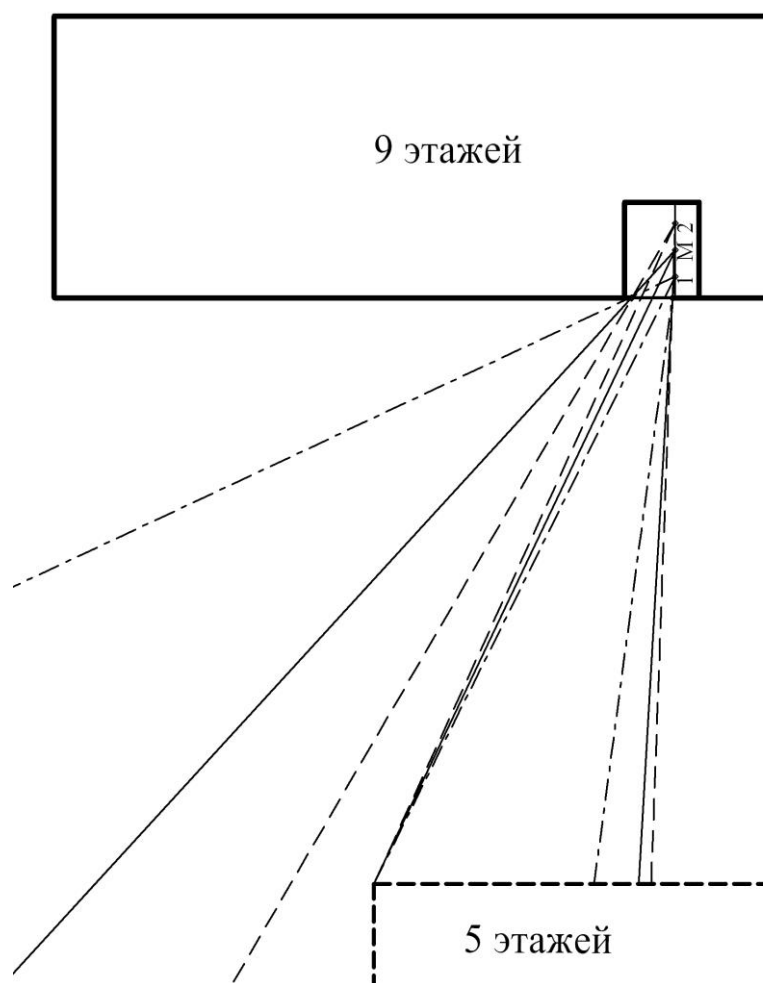


Рисунок 10 – Разрез территории (М 1:200)

Геометрический к.е.о. ε_6 , учитывающий прямой свет неба в каждой расчетной точке, определяем по формуле (4.22), с. 111 [3]:

$$\varepsilon_6 = 0,01 n_1 n_2, \quad (6)$$

где n_1 – число лучей по графику Данилюка I, проходящих от неба через световые проёмы в расчётную точку на поперечном разрезе помещения; n_2 – число лучей по графику Данилюка II, проходящих от неба через световые проёмы в расчётную точку на плане помещения.

Геометрический к.е.о. $\varepsilon_{зд}$, учитывающий свет, отражённый от противостоящего здания, определяем по формуле (4.23), с. 111 [3]:

$$\varepsilon_{зд} = 0,01 n'_1 n'_2, \quad (7)$$

где n'_1 – число лучей по графику Данилюка I, проходящих от фасада противостоящего здания через световой проём в расчётную точку на поперечном разрезе помещения; n'_2 – число лучей по графику Данилюка II, проходящих от фасада противостоящего здания через световой проём в расчётную точку на плане помещения.

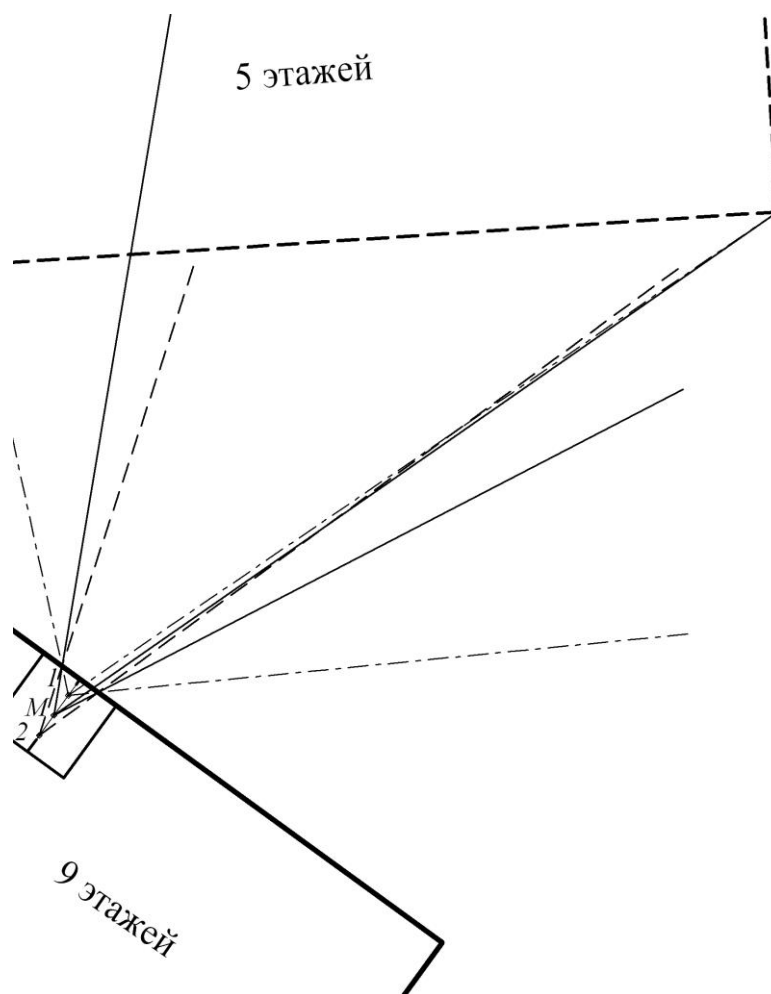


Рисунок 11 – План территории (М 1:200)

Общие количества лучей по графикам Данилюка I и II определяем по формулам:

$$n_{1общ} = n_1 + n'_1; \quad (8)$$

$$n_{2общ} = n_2 + n'_2. \quad (9)$$

При вычислении по формуле (5) значений к.е.о. e^b в помещении без учета затенения окружающей застройкой учитываем, что $\varepsilon_{зд} = 0$, а геометрический к.е.о. ε_6 вычисляем по формуле:

$$\varepsilon_6 = 0,01 n_{1общ} n_{2общ}. \quad (10)$$

Для вычисления значения коэффициента q по таблице 4.25, с. 108 [3] определяем угловую высоту середины светопроёма над рабочей поверхностью. Для вычисления значения коэффициента R определяем индекс противостоящего здания в плане z_1 и разрезе z_2 по формулам (из таблицы 4.26, с. 109 [3]):

$$z_1 = \frac{l_3 \times l}{(P + l)a}; \quad (11)$$

$$z_2 = \frac{H \times l}{(P + l)h_1}, \quad (12)$$

где l_3 – длина противостоящего здания ($l_3 = 35,8$ м); l – расстояние расчетных точек 1, М и 2 в помещении от внешней поверхности наружной стены, м; P – удаление противостоящего здания ($P = 22$ м); a – ширина окна в плане ($a = 1,8$ м); H – высота противостоящего здания ($H = 15$ м); h_1 – высота верхней грани окна над условной рабочей поверхностью ($h_1 = 1,6$ м).

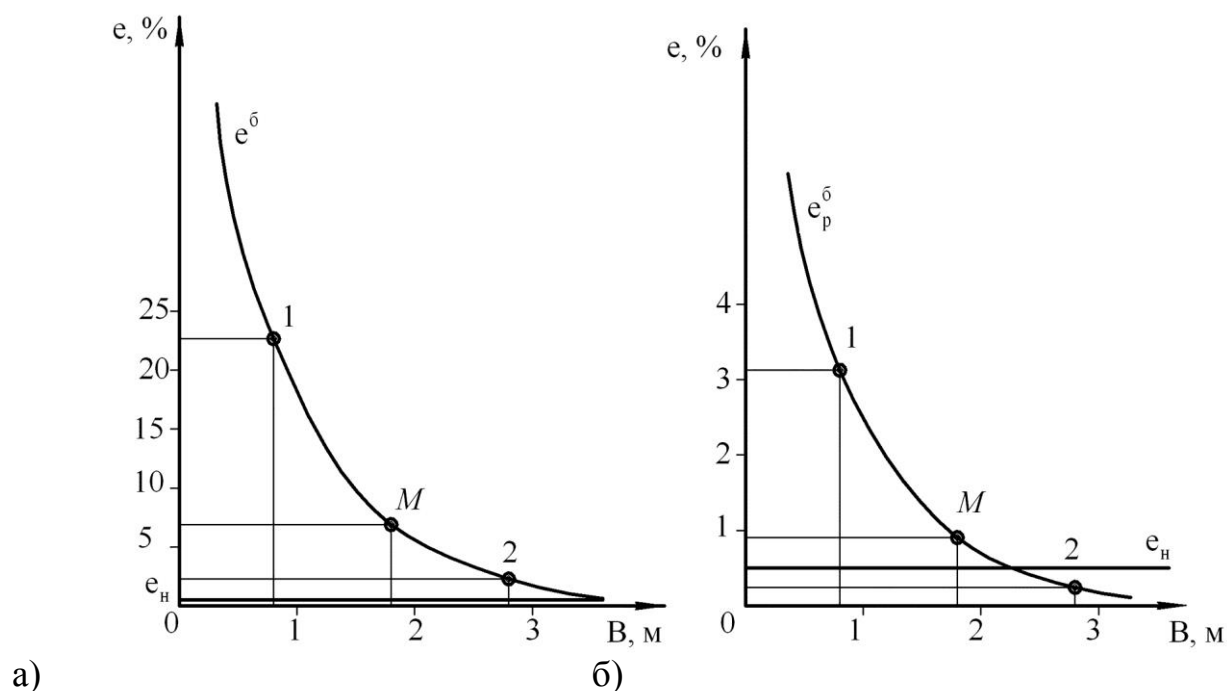
Значения параметров для всех расчетных точек, подобранные по указанным выше таблицам [3] и рассчитанные по формулам (3.5)-(3.12) сведены в таблицу 1.

2.2.4 По результатам расчета строятся кривые к.е.о. и делается вывод о соответствии естественного освещения нормативным требованиям (с. 114-116 [3]). Для сравнения на графике приводится также прямая нормативного значения к.е.о.

По результатам расчета строим кривые к.е.о. и прямую нормированного значения к.е.о. (рисунок 12). Делаем вывод, что естественное освещение в помещении полностью удовлетворяет нормативам только при отсутствии противостоящего здания (рисунок 12, а). В реальной ситуации, при учете противостоящего здания, кри-

вая к.е.о. ниже нормативной прямой около точки 2, т. е. в этой зоне требования нормативов не соблюдаются.

2.2.5 При необходимости предлагается вариант коррекции неудачного проектного решения, например, применение интегрального освещения (с. 173-177 [3]).



а – кривая к.е.о. без учета противостоящего здания;
б – кривая к.е.о. с учетом противостоящего здания

Рисунок 12 – Кривые к.е.о.

В зоне помещения около расчетной точки 2 требуется применение интегрального освещения.

2.3 Проектирование искусственного освещения и светового цвета в помещении

2.3.1 Разрабатывается подход к архитектурно-художественному освещению помещения, исходя от его назначения и характера выполняемых зрительных задач, выбираются светлотные соотношения поверхностей в пределах от 1:2:3 до 1:5:10 (с.

158-173 [3]). При выборе светлотных соотношений учитываются материалы, ранее подобранные для отделки помещения в пункте 2.2.2.

Расчетное помещение является жилой комнатой, поэтому светлотные соотношения поверхностей выбираем в значениях 1:2:3. Эти соотношения соответствуют выбранным ранее материалам и цветам отделки помещения: светлый паркет для пола, светло-лимонная окраска для стен и побелка для потолка.

2.3.2 По выбранным материалам и цветам отделки помещения описываются параметры цветоцветового решения (цветовые характеристики и цветовой контраст) и выбирается прием освещения – «вписывание интерьера в природу» или «театральный эффект (с. 266-284 [3]). Выбирается тип источников света – лампы накаливания или люминесцентные лампы (с. 129-158 [3]).

Выбранные материалы и цвета отделки помещения увеличивают количество отраженного света и обеспечивают мягкий цветовой контраст. Выбираем прием освещения «вписывание интерьера в природу», как наиболее подходящий для жилого помещения. В качестве типа источников света выбираем лампы накаливания, имеющие больший спектр излучения в желтой области, т. е. в области теплых цветов.

2.3.3 Определяется нормированная освещенность рабочей поверхности (таблицы 4.13 и 4.14, с. 101-103 [3]).

Определяем нормированную освещенность рабочей поверхности, по таблице 4.14, с. 103 [3] для жилых комнат она составляет 100 лк.

2.3.4 Разрабатывается схема размещения осветительных приборов в помещении (для упрощения расчетов рекомендуется применить один светильник над расчетной точкой M), далее рассчитывается световой поток светильника по формуле (4.31), с. 172 [3] или мощность светильника по формуле (4.34), с. 173 [3]. При расчете по методу удельной мощности формулу (4.34) необходимо записать в следующем виде:

$$N = \frac{WS}{W_{\pi}}, \quad (13)$$

где N – общее количество источников света во всех светильниках; W – удельная мощность общего равномерного освещения, Вт/м² (таблица 4.43, с. 173 [3]); S – площадь пола помещения, м²; $W_{\text{л}}$ – мощность одного источника света, Вт (таблицы 4.30-4.38, с. 131-143 [3]).

По результатам расчета подбираются марки источников света и типы осветительных приборов (таблицы 4.30-4.39, с. 129-158 [3]) и описываются их характеристики, приводятся схема и кривая распределения силы света светильника.

Рассчитывается освещенность в точке M (формула (4.28), с. 171 [3]) и сравнивается с нормативным значением освещенности для данного типа помещений (таблицы 4.13 и 4.14, с. 101-103 [3]).

Разрабатываем схему размещения осветительных приборов в расчетном помещении – учитывая небольшую площадь комнаты применяем один светильник в центре потолка, т. е. над расчетной точкой M . Искусственное освещение рассчитываем по методу удельной мощности, т. е. по формуле (13) определяем количество ламп в светильнике. По таблице 4.43, с. 173 [3] для светильника с лампой накаливания при равномерном светораспределении принимаем $W = 40$ Вт/м²); площадь пола помещения $S = 12,96$ м²; мощность одного источника света по таблице 4.31, с. 134 [3] для биспиральной криптоновой лампы БК220-100: $W_{\text{л}} = 100$ Вт.

Тогда по формуле (13) общее количество источников света в одном светильнике:

$$N = \frac{40 \cdot 12,96}{100} = 5,2.$$

Для дальнейших расчетов берем один светильник с пятью лампами накаливания. Для выбранной лампы БК220-100 световой поток составляет 1450 лм (по таблице 4.31, с. 134 [3]), т.е. общий световой поток для пяти ламп равен $1450 \times 5 = 7250$ лм.

По таблице 4.39, с. 147 [3] выбираем светильник рассеянного света с лампами накаливания, схема распределения света, схема светильника и кривая светораспределения приведены на рисунке 13.

Рассчитываем освещенность в точке M на горизонтальной поверхности от светильника по формуле (4.28), с. 171 [3]:

$$E_{\Gamma} = (I_{\alpha}/H_p^2) \cos^3 \alpha, \quad (14)$$

где I_{α} – сила света светильника по направлению к точке, в которой определяется освещенность, кд; H_p – расчетная высота подвеса светильника над уровнем горизонтальной плоскости, м ($H_p = 1,7$ м); α – угол между оптической осью светильника и направлением к расчетной точке ($\alpha = 0^{\circ}$).

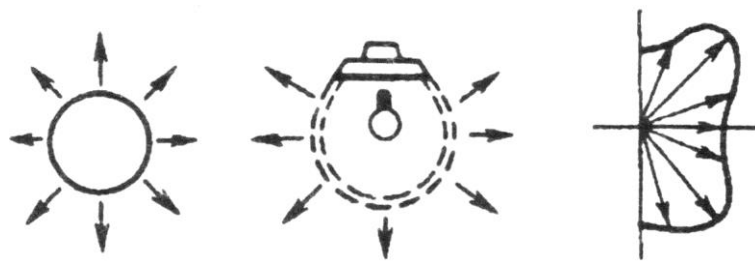


Рисунок 13 - Схема распределения света, схема светильника и кривая светораспределения

Силу света определяем по формуле:

$$I_{\alpha} = \Phi/\Omega, \quad (15)$$

где Φ – световой поток, лм (для пяти ламп $\Phi = 7250$ лм); Ω – телесный угол светильника (для сферического светильника определяем как полный телесный угол):

$$\Omega = S / r^2 = 4\pi r^2 / r^2 = 4 \times 3,14 \times 1^2 / 1^2 = 12,56 \text{ ср.} \quad (16)$$

Тогда по формуле (15) сила света равна:

$$I_{\alpha} = 7250/12,56 = 577 \text{ кд.}$$

По формуле (14) находим освещенность расчетной точки M :

$$E_{\Gamma} = (577/1,7^2) \cos^3 0 = 200 \text{ лк.}$$

Освещенность полностью удовлетворяет нормативным требованиям, составляющим 100 лк.

2.3.5 Выполняется эскиз цветоцветовой среды в помещении с перспективным видом на окно (наружную стену помещения) и указанием расположения светильников. Потолок, пол и стены раскрашиваются в выбранные цвета.

Выполняем эскиз цветоцветовой среды в помещении (рисунок 14).

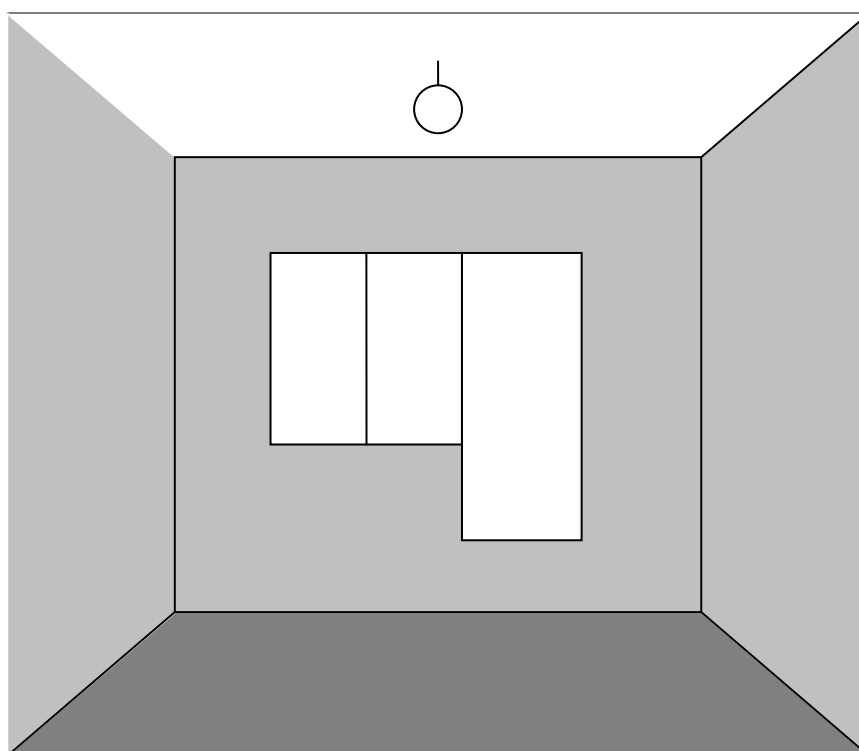


Рисунок 14 – Эскиз цветоцветовой среды

2.4 Расчет уровня шума в помещении

2.4.1 Определяются допустимые уровни шума в рассчитываемом помещении (таблицы 8.8 и 8.9, с. 314-317 [3]), данные оформляются в виде таблицы. В зависимости от назначения помещения учитываются необходимые поправки (с. 313-321 [3]).

Определяем допустимые уровни шума в рассчитываемом помещении по таблице 8.9, с. 316 [3]. Поправки к допустимым уровням шума для жилых помещений не предусмотрены. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Допустимые уровни шума в помещениях

Помещения или территории		Жилые комнаты	
Время суток		с 7 до 23 ч.	с 23 до 7 ч.
Уровни звукового давления L , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц	63	63	55
	125	52	44
	250	45	35
	500	39	29
	1000	35	25
	2000	32	22
	4000	30	20
	8000	28	18
Уровни звука L_A и эквивалентные уровни звука $L_{A_{ЭКВ}}$, дБА		40	30
Максимальные уровни звука $L_{A_{макс}}$, дБА.		55	45

2.4.2 Характеризуются транспортные потоки и другие источники внешнего шума в районе строительства и определяются их шумовые характеристики (с. 304-311 [3]; с. 328-336 [5]) в виде эквивалентных уровней звука $L_{A_{ЭКВ}}$, дБА и максималь-

ных уровней звука $L_{A\text{макс}}$, дБА. Уровни звука от транспортного шума определяются двумя способами. По первому способу (по номограмме, с. 306 [3]) предварительно в реальном местонахождении строящегося объекта определяются: общее количество автомобилей, проезжающих по расчетной улице в обе стороны за 1 час; процент грузовых автомобилей от общего количества; средняя скорость движения (там же определяется местонахождение всех остальных источников шума). По второму способу для определения уровней звука используется таблица 8.3 (с. 307 [3]). К дальнейшим расчетам принимается большее значение уровня звука от транспортного шума. Расчетные точки всех источников шума, а также расчетные точки B и M указываются на генплане ко 2 разделу красным цветом.

Характеризуем транспортные потоки и другие источники внешнего шума в районе строительства (точки 1-4 на рисунке 3.2) и определяем их шумовые характеристики в виде эквивалентных уровней звука L , дБА.

Характеризуем транспортные потоки по ул. Кирова двумя способами (расчетная точка 1 на рисунке 3.2).

По первому способу уровень звука определяем по номограмме (с. 306, [3]).

Ул. Кирова является улицей с 4 полосами для движения в обоих направлениях, продольный уклон – 0° . Поправки к $L_{A\text{экв}}$ по таблицам 8.1 и 8.2, с. 307 [3] соответственно равны 1 и 0 дБА.

Общее количество проезжающих по ул. Кирова автомобилей за 1 час составляет 900 шт.

Доля грузовых автомобилей составляет 10 %.

Средняя скорость автомобилей – 30 км/ч.

По этим данным с помощью номограммы (рисунок 3.15) определяем шумовую характеристику транспортного потока с учетом поправок:

$$L_{A\text{экв}} = 66,5 + 1 + 0 = 67,5 \text{ дБА.}$$

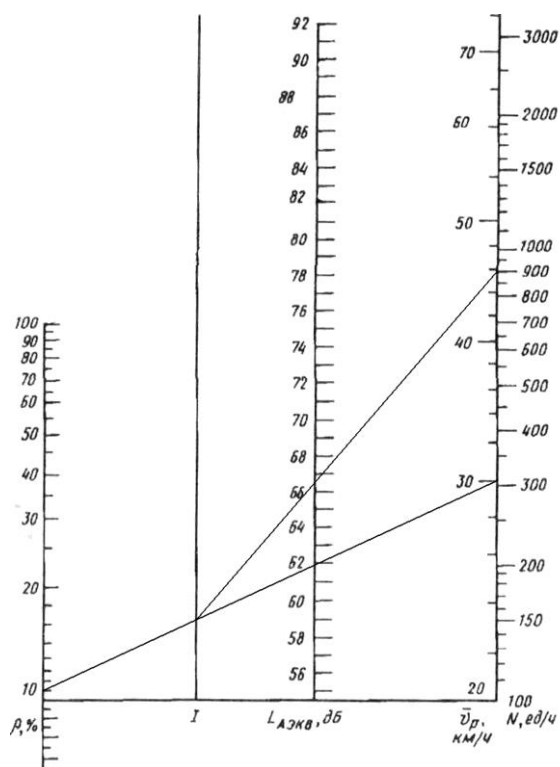


Рисунок 15 – Определение шумовой характеристики автомобильного транспорта

По второму способу уровень звука определяем по таблице 8.3, с. 307, [3]. Для ул. Кирова, являющейся магистральной улицей регулируемого движения четырьмя полосами движения в обоих направлениях уровень звука составляет 76 дБА. Из двух полученных значений уровня звука от транспортного шума для дальнейших расчётов выбираем наибольшее – 76 дБА.

Характеризуем другие источники внешнего шума.

В районе строительства находится три магазина (расчетные точки 2-4 на рисунке 3). По таблице 8.6, с. 310 [3] эквивалентные уровни звука составляют:

- для точки 2 (магазин овощи-фрукты) – 62 дБА;
- для точки 3 (книжный магазин) – 67 дБА;
- для точки 4 (молочный магазин) – 68 дБА.

2.4.3 Рассчитывается ожидаемый уровень звука в точке *B* отдельно от каждого источника внешнего шума (формула (8.1), с. 347 [3]) с учетом реального расстояния

(расстояние определяется по теореме Пифагора по разнице высот расчетных точек) и наличия зеленых насаждений и экранов. Затем для определения суммарного максимального уровня звука в точке B все уровни звука последовательно от меньшего к большему попарно складываются по номограмме (с. 291 [3]; с. 268 [5]), т. е. для логарифмического сложения предварительно все найденные уровни звука располагаются в ряд в возрастающей последовательности. В первую очередь складываются два наименьших уровня звука, затем к их сумме прибавляется следующий уровень звука и т. д.

Рассчитываем ожидаемый уровень звука в точке B отдельно от каждого источника внешнего шума и находим суммарный уровень шума в точке B , последовательно сложив все уровни звука по номограмме (рисунок 7.5, с. 291 [3]). Расчёт ожидаемых уровней звука производим по формуле (8.1), с. 347 [3]:

$$L_{\text{Атер}} = L_{\text{Аэкв}} - \Delta L_{\text{Арас}} - \Delta L_{\text{зел}} - \Delta L_{\text{экр}}, \quad (17)$$

где $L_{\text{Аэкв}}$ – расчетный уровень звука от источника шума, дБА;

$\Delta L_{\text{Арас}}$ – снижение уровня звука над поверхностью земли за счет расстояния от источника шума до расчетной точки, дБА;

$\Delta L_{\text{зел}}$ – снижение уровня звука зелеными насаждениями, дБА;

$\Delta L_{\text{экр}}$ – снижение уровня звука экранирующими шум сооружениями, дБА.

Для расчета снижения уровня звука за счет расстояния определяем расстояния от расчетных точек 1-4 до проекции точки B на горизонтальную плоскость (по рисунку 3):

– для точки 1 – 12,5 м;

– для точки 2 – 26 м;

– для точки 3 – 40,5 м;

– для точки 4 – 36 м.

Высоты от расчетных точек до середины светопроема расчетного помещения на 2 этаже (до точки B) составляют:

- для точки 1 (от поверхности земли) – 4,5 м;
- для точек 2-4 – 3,5 м.

Реальные расстояния от точки B до расчетных точек источников шума определяем по теореме Пифагора как гипотенузу прямоугольного треугольника, катетами которого являются расстояния от источников шума до проекции точки B на горизонтальную плоскость и высоты от расчетных точек до середины светопроема рассчитываемого помещения (до точки B):

- для точки 1 – 13,3 м;
- для точки 2 – 26,2 м;
- для точки 3 – 40,7 м;
- для точки 4 – 36,2 м.

По графику (рисунок 8.24, с. 347 [3]) определяем снижение уровня звука в зависимости от расстояния между источником шума и расчетной точкой B (данные приведены на рисунке 16):

- для точки 1 – 3 дБА;
- для точки 2 – 10 дБА;
- для точки 3 – 13,5 дБА;
- для точки 4 – 13 дБА.

Зеленых насаждений и экранирующих сооружений между расчетной точкой B и источниками шума 1-4 нет, поэтому значения $\Delta L_{\text{зел}}$ и $\Delta L_{\text{экр}}$ принимаем равными нулю. Тогда по формуле (17) ожидаемые уровни звука в точке B отдельно от каждого источника внешнего шума равны:

$$L_{\text{Атер}1} = 76 - 3 - 0 - 0 = 73 \text{ дБА};$$

$$L_{\text{Атер}2} = 62 - 10 - 0 - 0 = 52 \text{ дБА};$$

$$L_{\text{Атер}3} = 67 - 13,5 - 0 - 0 = 53,5 \text{ дБА};$$

$$L_{\text{Атер}4} = 68 - 13 - 0 - 0 = 55 \text{ дБА}.$$

Расчетные данные уровней звука от внешних источников шума сводим в таблицу 3.

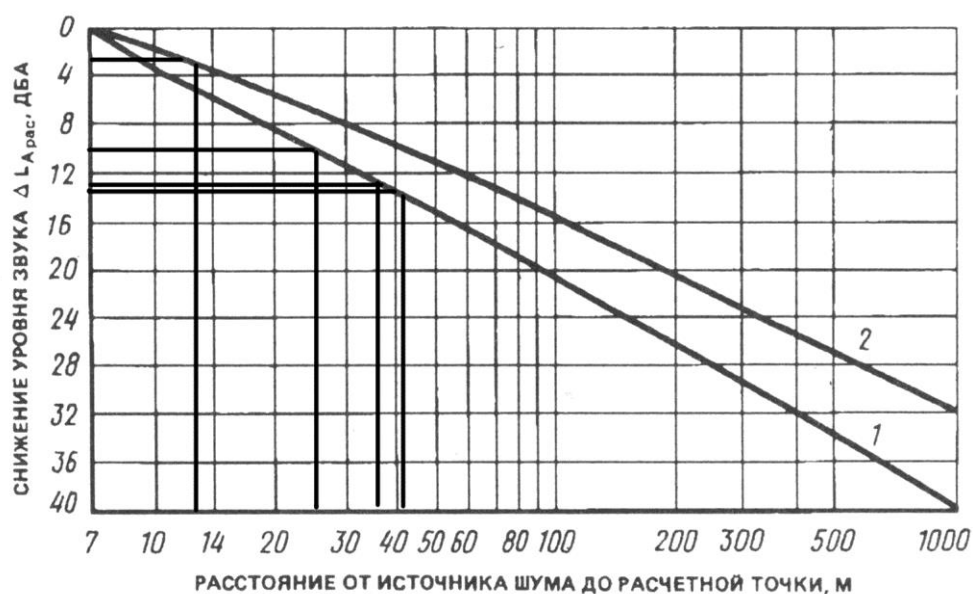


Рисунок 16 – Определение снижения уровня звука

Таблица 3 – Уровни звука от внешних источников шума

№ расчетной точки	1	2	3	4
Расстояние по горизонтали, м	12,5	26	40,5	36
Расстояние по вертикали, м	4,5	3,5	3,5	3,5
Реальное расстояние до точки В, м	13,3	26,2	40,7	63,2
Эквивалентный уровень звука, $L_{A_{\text{ЭКВ}}}$, дБА	76	62	67	68
Снижение шума за счет расстояния, $\Delta L_{A_{\text{рас}}}$, дБА	4	9	14	13
Снижение шума зелеными насаждениями, $\Delta L_{\text{зел}}$, дБА	0	0	0	0
Снижение шума за счет экранов, $\Delta L_{\text{экр}}$, дБА	0	0	0	0
Ожидаемый уровень звука в точке В, $L_{A_{\text{тер}}}$, дБА	73,0	52,0	53,5	55,0

Для нахождения суммарного уровня шума в точке В последовательно от меньшего к большему попарно складываем все ожидаемые уровни звука по номограмме (рисунок 7.5, с. 291 [3]). Указанная номограмма приведена на рисунке 17.

Уровни звука располагаем в возрастающей последовательности: 52,0; 53,5; 55,0 и 73,0 дБА. В результате последовательного логарифмического сложения получаем суммарный уровень звука в точке *B*:

$$53,5 - 52,0 = 1,5 \text{ дБА} \Rightarrow 53,5 + 2,3 = 55,8 \text{ дБА};$$

$$55,8 - 55,0 = 0,8 \text{ дБА} \Rightarrow 55,8 + 2,6 = 58,4 \text{ дБА};$$

$$73,0 - 58,4 = 14,6 \text{ дБА} \Rightarrow 73,0 + 0,1 = 73,1 \text{ дБА}.$$

Таким образом, суммарный уровень звука от внешних источников шума в точке *B* составляет: $L_{\text{Атер}} = 73,1$ дБА.

2.4.4 Рассчитывается ожидаемый максимальный уровень звука от внешнего шума в точке *M* заданного помещения (формула (8.2), с. 347 [3]). Снижение уровня звука наружными ограждениями с оконными проемами в жилых помещениях при отсутствии принудительной вентиляции определяется при открытой форточке (таблица 8.20, с. 350 [3]).

Рассчитываем ожидаемый максимальный уровень звука $L_{\text{Апом}}$, дБА, от внешних источников шума в точке *M* помещения (по формуле (8.2), с. 347 [3]):

$$L_{\text{Апом}} = L_{\text{Атер}} - R_{\text{Аок}}, \quad (18)$$

где $R_{\text{Аок}}$ – снижение уровня звука конструкцией окна, дБА (по таблице 8.20, с. 350 [3] при открытой форточке $R_{\text{Аок}} = 10$ дБА).

Тогда по формуле (18) ожидаемый максимальный уровень звука от внешних источников шума в точке *M* равен:

$$L_{\text{Апом}} = 73,1 - 10 = 63,1 \text{ дБА}.$$

2.4.5 Ожидаемый максимальный уровень звука от внешнего шума в точке *M* сравнивается с допустимыми эквивалентным и максимальным уровнями, в случае

превышения предлагаются варианты дополнительного снижения шума от внешних источников (глава 8 [3]).

Рассчитанный уровень звука в точке M (63,1 дБА) значительно превышает допустимые нормативные значения (таблица 3.2) как эквивалентного уровня звука (40 дБА), так и максимального уровня звука (55 дБА). В таких случаях рекомендуется применение специальных шумозащитных оконных конструкций.

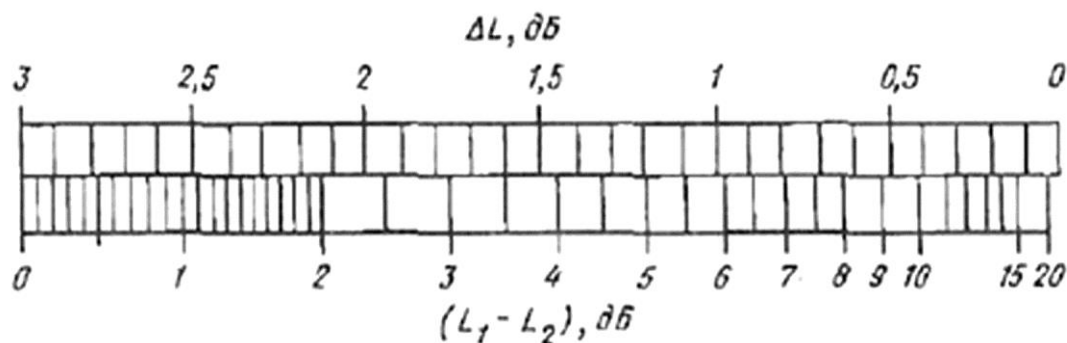


Рисунок 17 – Номограмма для логарифмического суммирования уровней звука

2.4.6 Характеризуются все возможные источники внутреннего шума в проектируемом здании относительно рассчитываемого помещения (с. 311-313 [3]). По таблице 8.7 (с. 312 [3]) для расчета выбираются четыре вида источников шума, которые могут в реальных условиях действовать одновременно, и определяется максимальный кратковременный внутренний уровень звука от всех источников шума путем логарифмического сложения по номограмме аналогично внешним шумам (с. 291 [3]; с. 268 [5]).

Характеризуем источники внутреннего шума в расчетном помещении. Эквивалентные уровни звука бытовых шумов приведены в таблице 8.7, с. 312 [3]. Выбираем по таблице четыре вида одновременно действующих шумов и определяем их эквивалентные уровни звука:

- радиомузыка – 83 дБА;

- наполнение ванны – 45 дБА;
- детский плач – 78 дБА;
- разговоры людей – 66 дБА.

Максимальный кратковременный внутренний уровень шума определяем путем сложения по номограмме (рисунок 3.17) эквивалентных уровней звука. Уровни звука располагаем в возрастающей последовательности: 45; 66; 78 и 83 дБА. В результате последовательного логарифмического сложения получаем максимальный кратковременный уровень звука в точке *M*:

$$66,0 - 45,0 = 21,0 \text{ дБА} \Rightarrow 66,0 + 0,0 = 66,0 \text{ дБА};$$

$$78,0 - 66,0 = 12,0 \text{ дБА} \Rightarrow 78,0 + 0,3 = 78,3 \text{ дБА};$$

$$83,0 - 78,3 = 4,7 \text{ дБА} \Rightarrow 83,0 + 1,3 = 84,3 \text{ дБА}.$$

Таким образом, максимальный уровень звука от выбранных внутренних источников шума в точке *M* составляет: $L_{M\text{внут}} = 84,3$ дБА.

2.4.7 Проводится анализ пикового ожидаемого уровня шума от внешних и внутренних источников в точке *M* помещения, для чего складывается уровень максимального шума от внешних источников с максимальным кратковременным внутренним уровнем шума по номограмме (с. 291 [3]; с. 268 [5]).

Проводим анализ пикового ожидаемого уровня шума одновременно от внешних и внутренних источников в точке *M* помещения, сложив ожидаемый уровень шума от внешних источников с максимальным кратковременным внутренним уровнем шума по номограмме (рисунок 17):

$$84,3 - 63,1 = 21,2 \text{ дБА} \Rightarrow 84,3 + 0,0 = 84,3 \text{ дБА}.$$

Рассчитанный пиковый уровень звука в точке *M* также значительно превышает допустимые нормативные значения (таблица 2).

2.5 Расчет индекса изоляции шума, времени реверберации и геометрических отражений

2.5.1 Определяется индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ, по графику (с. 353 [3]) для одной из внутренних стен помещения (по выбору студента), для чего предварительно рассчитывается поверхностная плотность выбранной стены путем умножения ее толщины на объемную плотность материала стены. Найденные значения поверхностной плотности стены и индекса изоляции воздушного шума указываются на соответствующем рисунке.

Определяем индекс изоляции воздушного шума R_w , дБА, по графику (рисунок 8.29, с. 353 [3]) для внутренней стены расчетного помещения. Материал стены – керамзитобетон плотностью 1000 кг/м^3 и толщиной $0,2 \text{ м}$, т.е. поверхностная плотность равна (рисунок 18):

$$m = 1000 \times 0,2 = 200 \text{ кг/м}^2.$$

По рисунку 18 определяем индекс изоляции воздушного шума материалом стены: $R_w=43,5 \text{ дБ}$.

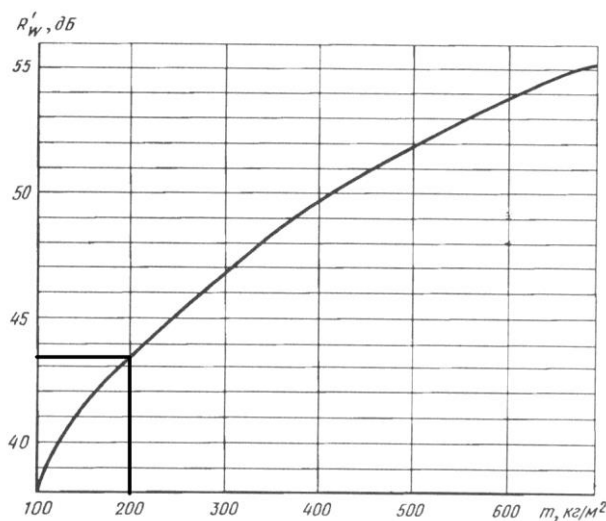


Рисунок 18 – Определение индекса изоляции воздушного шума

2.5.2 Рассчитывается время реверберации заданного помещения по методике, изложенной на с. 385-388 [3], для частот 125, 500 и 2000 Гц. Для каждой из этих частот определяются: общая эквивалентная площадь звукопоглощения, средний коэффициент звукопоглощения и время реверберации. Следует обратить внимание, что время реверберации для частот до и выше 1000 Гц рассчитывается по разным формулам.

Рассчитываем время реверберации расчетного помещения для частот 125, 500, 2000 Гц.

Определяем воздушный объем помещения:

$$V = 3,6 \times 3,6 \times 2,7 = 35 \text{ м}^3.$$

Определяем общую площадь внутренних поверхностей, складывая площади пола, потолка и стен:

$$S_{\text{общ}} = 12,96 + 12,96 + 38,88 = 64,8 \text{ м}^2.$$

Общую эквивалентную площадь звукопоглощения $A_{\text{общ}}$, м^2 , для соответствующих частот определяем по формуле (9.11), с. 386 [3]:

$$A_{\text{общ}} = \Sigma \alpha \times S + \Sigma A + \bar{\alpha}_{\text{доб}} \times S_{\text{общ}}, \quad (19)$$

где $\Sigma \alpha \times S$ – сумма произведений площадей отдельных поверхностей S , м^2 , на их коэффициенты звукопоглощения α для данной частоты (определяем по таблице III.1а, с. 434 [3], учитывая, что выбранные отделочные материалы для стен и потолка относятся к клеевым краскам, покрытие пола – паркет); ΣA – сумма ЭПЗ слушателей и кресел, м^2 (определяем по таблице III.1в, с. 436 [3], для двух слушателей в мягких креслах с пористым наполнителем); $\bar{\alpha}_{\text{доб}}$ – коэффициент добавочного звукопоглощения, в среднем может быть принят 0,09 на частоте 125 Гц и 0,05 на частотах 500-4000 Гц (с. 386, [3]).

Расчетные значения перечисленных параметров и коэффициентов сводим в таблицу 4.

Расчитываем средний коэффициент звукопоглощения внутренней поверхности комнаты на данной частоте (формула (9.12), с. 386 [3]):

$$\bar{\alpha} = \frac{A_{\text{общ}}}{S_{\text{общ}}}. \quad (20)$$

Время реверберации комнаты T , с, на частотах до 1000 Гц находим по формуле Эйринга (формула (9.13), с. 386 [3]):

$$T = \frac{0,163 \times V}{S_{\text{общ}} \times \varphi(\bar{\alpha})}, \quad (21)$$

где $\varphi(\bar{\alpha})$ – функция среднего коэффициента звукопоглощения $\bar{\alpha}$ (определяем по таблице (III.2, с. 437 [3])).

На частотах выше 1000 Гц время реверберации вычисляем по формуле (9.14), с. 386 [3]:

$$T = \frac{0,163 \cdot V}{S_{\text{общ}} \cdot \varphi(\bar{\alpha}) + 4 \cdot m \cdot V}, \quad (22)$$

где m - коэффициент учитывающий поглощение звука в воздухе, определяем по таблице III.3, с. 437 [3] (при относительной влажности воздуха 50%: $m=0,0024$).

Расчитанные по формулам (3.19)-(3.21) значения параметров заносим в таблицу 4.

2.5.3 Рассчитываются геометрические отражения в заданном расчетном помещении от находящегося в нем источника звука (магнитофон, музыкальный центр или радиоприемник – по выбору студента). Места расположения источника звука и

слушателя выбираются студентом. Высоты расположения источника и слушателя не должны совпадать, а места расположения должны находиться на расстоянии 0,5-1 м от боковых противоположных друг к другу стен помещения и на разных расстояниях от перпендикулярной к ним стены. Строятся геометрические отражения от потолка и одной из боковых стен помещения относительно места нахождения слушателя (с. 388-392 [3]). Допустимость применения геометрических отражений определяется по формулам (9.17) и (9.18), с. 389 [3] последовательно для длин волн 2; 1 и 0,5 м. Расчеты для меньших длин волн не производятся, если применение геометрических отражений допустимо для длины волны 2 или 1 м.

Таблица 4 – Расчет времени реверберации

Параметр	Частота, Гц		
	125	500	2000
Коэффициент звукопоглощения стен и потолка, α	0,02	0,02	0,04
Коэффициент звукопоглощения пола, α	0,04	0,07	0,06
Сумма, $\Sigma \alpha \times S$, м ²	1,56	1,94	2,85
Сумма ЭПЗ слушателей и кресел, ΣA , м ²	0,8	1,2	1,5
Коэффициент добавочного звукопоглощения, $\bar{\alpha}_{доб}$	0,09	0,05	0,05
Общая ЭПЗ, $A_{общ}$, м ²	8,2	6,4	7,6
Средний коэффициент звукопоглощения, $\bar{\alpha}$	0,13	0,10	0,12
Функция среднего коэффициента звукопоглощения, $\varphi(\bar{\alpha})$	0,14	0,10	0,13
Время реверберации, T , с	0,63	0,88	0,65

Рассчитываем геометрические отражения в заданном помещении от находящегося в нем источника звука – музыкального центра (точка Q на рисунке 19), строим геометрические отражения от потолка и от одной из стен помещения относительно места нахождения слушателя (точка M на рисунке 19) по методике, приведенной на с. 388-392 [3].

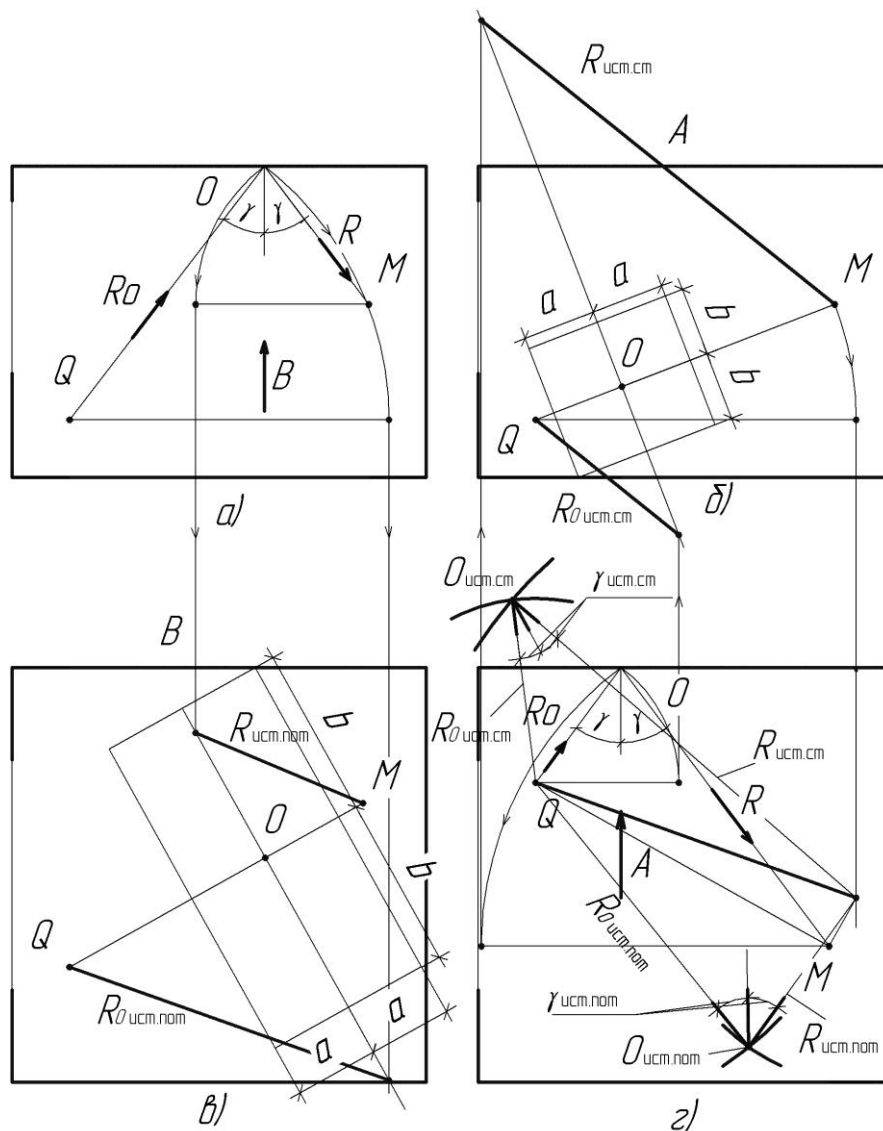


Рисунок 19 – Построение геометрических отражений (М 1:50)

План и разрез помещения, а также схемы отражения от потолка и стены приведены на рисунке 19. Безразмерные величины u и v для расчетов геометрических отражений определяем по формулам (9.17), с. 389 [3]:

$$u = a \cos \gamma \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{R_0} + \frac{1}{R} \right)}; \quad (23)$$

$$v = b \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{R_0} + \frac{1}{R} \right)}, \quad (24)$$

где a и b – половины сторон отражающих прямоугольников, м (определяем по рисунку 19); γ – углы падения и отражения, град; λ – длина звуковой волны, м; R_0 – расстояния от источника до точек отражения O , м; R – расстояния от точек отражения O до слушателя, м.

При расчете в формулы (23) и (24) подставляем истинные значения расстояний R_0 и R , а также углов γ , которые определяем по рисунку 19 методами начертательной геометрии.

Абсолютное отклонение ΔL , дБ, фактического уровня звукового давления в точке приёма M от уровня, соответствующего строго геометрическому отражению, не превысит (формула (9.18), с. 389 [3]):

$$\Delta L = 4,4 (1/u + 1/v). \quad (25)$$

Применение геометрических отражений можно считать допустимым, если ΔL не более 5 дБ, а наименьшая сторона отражателя ($2a$ или $2b$) не менее, чем в 1,5 раза превышает длину волны λ .

Все расчетные значения параметров геометрического отражения от потолка и стены заносим в таблицу 5.

Из таблицы 5 видно, что абсолютные отклонения ΔL фактического уровня звукового давления в точке приёма M от уровня, соответствующего строго геометрическому отражению, превышают 5 дБ во всех рассчитанных случаях как для стены, так и для потолка, для длин волн 2, 1 и 0,5 м соответственно. Т.е. применение геометрических отражений нельзя считать допустимым для этих длин волн. Второе условие применимости геометрических отражений (превышение в 1,5 раза наименьшей стороны отражателя над длиной волны) не нарушается при отражениях от потолка для длин волн 1 и 0,5 м, при отражениях от стены – для длины волны 0,5 м. Однако в целом применение метода геометрических отражений недопустимо даже в этих случаях.

Таблица 5 – Расчет геометрических отражений

Поверхность отражения	Потолок			Стена		
	2	1	0,5	2	1	0,5
Длина волны λ , м	2	1	0,5	2	1	0,5
Безразмерная величина u	0,588	0,834	1,179	0,569	0,928	1,138
Безразмерная величина v	1,470	2,084	2,947	0,562	0,795	1,124
Половина стороны отражателя a , м	0,75			0,65		
Половина стороны отражателя b , м	1,50			0,60		
Истинные углы падения и отражения γ , град	37			21		
Истинное расстояние R , м	1,60			3,95		
Истинное расстояние R_o , м	2,95			1,60		
Отклонение фактического уровня звукового давления ΔL , дБ	10,5	7,4	5,2	15,6	10,3	7,8

Список использованных источников

1. СТО 02069024. 101-2015 Работы студенческие : Общие требования и правила оформления. – Оренбург: ОГУ, 2015. – 85 с.
2. Территориальный каталог типовых строительных конструкций и изделий для жилищно-гражданского строительства в Оренбургской обл. Кирпичные здания, каркасно-панельные здания, крупнопанельные и крупноблочные здания. ТК 88-2: сборник / отв. за вып. Хаустов. – Оренбург, 1983. – 216 с.
3. Архитектурная физика: учеб. для вузов: Спец. «Архитектура» / В.К. Лицкевич, [и др.]; под ред. Н.В. Оболенского. – М.: Стройиздат, 2007. – 448 с.
4. Закируллин Р.С. Методические указания к лабораторным работам по строительной физике / Р.С. Закируллин. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2003. – 58 с.
5. Гусев Н.М. Основы строительной физики: учебное пособие для вузов / Н.М. Гусев. – М.: Стройиздат, 1975. – 440 с.
6. В. Блази. Строительная физика: Справочник проектировщика / В. Блази. – М.: Техносфера, 2005. – 536 с.
7. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение / Госстрой. – М., 2003. – 26 с.
8. МГСН 2.05-99. Инсоляция и солнцезащита / Госстрой. – М., 1999.– 18 с
9. МГСН 2.06-99. Естественное, искусственное и совмещенное освещение / Госстрой. – М., 1999. – 20 с.
10. Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий. СанПиН 2.2.1/2.2.1.1076 / Госстрой. – М., 2003. – 32 с.
11. СНиП II-12-77. Защита от шума / Госстрой. – М., 2002. – 30 с.

Приложение А (обязательное)

Варианты расположения зданий на генплане

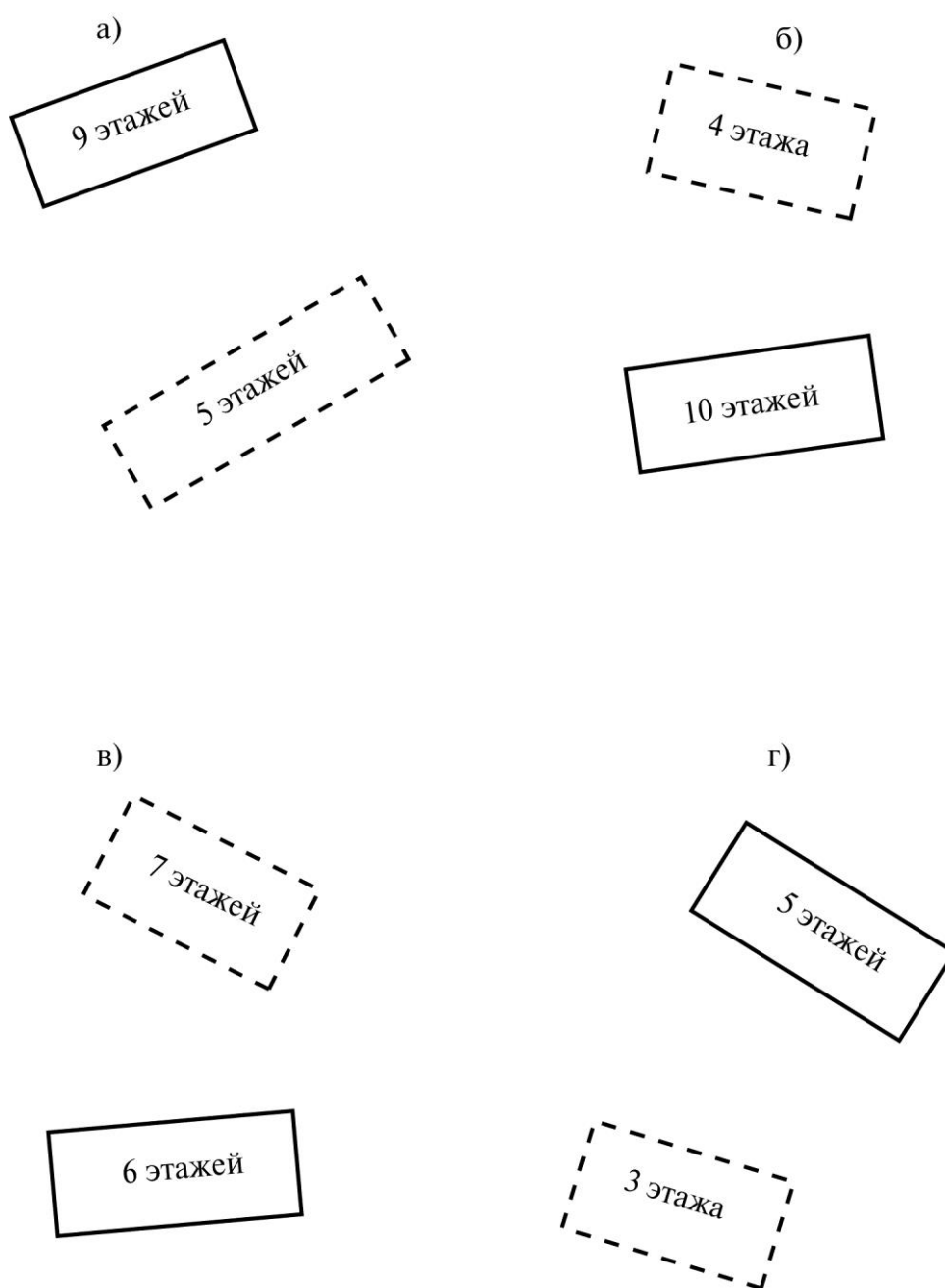


Рисунок А.1