

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тихоокеанский государственный университет»

Высшая школа «Промышленное и гражданское строительство»

**Теплотехнический расчет, акустический расчет
расчет естественного освещения
здания индивидуального жилищного строительства**

Отчёт по заданию для самостоятельной работы
по дисциплине «Строительная физика»

СР.111222333 ПЗ

Выполнил студент

ИАСиД, группы ПГС(6) - 21

Иванов И.И.

Проверил

Псаров С.А.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Содержание

Реферат	3
1 Исходные данные	4
1.1 Климатические данные района строительства	4
1.2 Объемно-планировочные решения	4
1.3 Конструктивные решения	5
1.4 Параметры микроклимата здания	8
2 Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций	9
2.1 Теплотехнический расчет несветопрозрачных наружных ограждающих конструкций	9
2.2 Термическое сопротивление светопрозрачных наружных ограждающих конструкций	11
3 Потребление тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания	12
3.1 Расчетные тепловые потери	12
3.2 Потребление тепловой энергии за отопительный период	15
3.3 Сравнение стоимости отопления для различных видов топлива	16
4 Защита от переувлажнения ограждающих конструкций	18
4.1 Плоскость максимального увлажнения	18
4.2 Недопустимость накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации	23
4.3 Ограничения накопления влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха	25
5 Теплоусвоение поверхности полов	26
6 Защита от внутреннего шума	28
6.1 Индекс изоляции воздушного шума внутренними перегородками	28
6.2 Индекс приведенного ударного шума под междуэтажным перекрытием	30
7 Защита от внешнего шума	32
7.1 Определение звукоизоляции окна	32
7.2 Определение уровня шума, проникающего в здание	32
8 Естественное освещение помещений здания	42
9 Список литературы	46

Взам. инв. №		6 Защита от внутреннего шума 28	
		6.1 Индекс изоляции воздушного шума внутренними перегородками 28	
Подп. и дата		6.2 Индекс приведенного ударного шума под междуэтажным перекрытием 30	
		7 Защита от внешнего шума 32	
Инв. № подл.		7.1 Определение звукоизоляции окна 32	
		7.2 Определение уровня шума, проникающего в здание 32	
		8 Естественное освещение помещений здания 42	
		9 Список литературы 46	
		<div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div>Изм.</div> <div>Кол.уч</div> <div>Лист</div> <div>№ док.</div> <div>Подп.</div> <div>Дата</div> </div> </div> <div> <div>СР.111222333 ПЗ</div> <div>Лист</div> <div>2</div> </div>	

Реферат

Сведения об общем объёме отчета о самостоятельной работе: листов формата А4 — 46; иллюстраций — 20; таблиц — 11; использованных источников — 9; приложений нет.

Цель самостоятельной работы — изучение и получение навыков теплотехнического расчета ограждающих конструкций, определения расхода тепловой энергии на отопление зданий по месяцам и за отопительный период, расчета шумозащитных характеристик внутренних и наружных ограждающих конструкций, расчета ожидаемого шума на территории, расчета естественной освещенности помещений на примере здания индивидуальной жилой застройки.

Задачи самостоятельной работы — изучение правил и последовательности проведения расчетов на примере, обучение работе с технической документацией (СП, ГОСТ).

При выполнении самостоятельной работы был произведён теплотехнический расчёт вертикальных несветопрозрачных ограждающих конструкций (стен), включая расчёт коэффициента теплопередачи, расчёт влажностного режима, расчёт теплоустойчивости; теплотехнический расчёт пола первого этажа, включая расчёт коэффициента теплопередачи, расчёт теплоустойчивости; теплотехнический расчёт покрытия (перекрытия чердачного) верхнего этажа, включая расчёт коэффициента теплопередачи. Выполнен расчёт индекса шумоизоляции светопрозрачных наружных ограждающих конструкций (окон), расчёт индекса шумоизоляции внутренних перегородок, расчёт индекса приведенного ударного шума перекрытия между этажами. Выполнен расчёт ожидаемого шума на территории. Выполнен расчёт коэффициента естественной освещённости в помещениях здания.

Графическая часть работы выполнена в редакторе Inkscape и с использованием графических средств системы Typst. Отчёт выполнен с использованием издательской системы Typst.

Согласовано			теплотехнический расчёт пола первого этажа, включая расчёт коэффициента теплопередачи, расчёт теплоустойчивости; теплотехнический расчёт покрытия (перекрытия чердачного) верхнего этажа, включая расчёт коэффициента теплопередачи. Выполнен расчёт индекса шумоизоляции светопрозрачных наружных ограждающих конструкций (окон), расчёт индекса шумоизоляции внутренних перегородок, расчёт индекса приведенного ударного шума перекрытия между этажами. Выполнен расчёт ожидаемого шума на территории. Выполнен расчёт коэффициента естественной освещённости в помещениях здания.																
Взам. инв. №			Графическая часть работы выполнена в редакторе Inkscape и с использованием графических средств системы Typst. Отчёт выполнен с использованием издательской системы Typst.																
Подп. и дата																			
Инв. № подл.								CP.111222333 ПЗ											
		Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Отчёт о самостоятельной работе											
		Разраб. Иванов И.И.																	
														Пров. Псаров С.А.					
Н. контр.																			
						Утв.													

1 Исходные данные

1.1 Климатические данные района строительства

Район строительства: село Гвасюги.

Климатический район: IV (СП 131.13330.2020, Приложение А).

Средняя температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0.92: $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ (СП 131.13330.2020, Табл. 3.1).

Продолжительность и средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой воздуха меньше $0\text{ }^{\circ}\text{C}$: 170 сут., $-15.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (СП 131.13330.2020, Табл. 3.1).

Продолжительность и средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой воздуха меньше плюс $8\text{ }^{\circ}\text{C}$: 222 сут., $-10.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (СП 131.13330.2020, Табл. 3.1).

Таблица 1 — Средние месячные и средняя годовая температуры воздуха t_n (СП 131.13330.2020, Табл. 5.1); средние месячные и среднее годовое парциальное давление водяных паров e_n (СП 131.13330.2020, Табл. 7.1)

Мес.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
$t_n, ^{\circ}\text{C}$	-23.8	-19	-8.9	2.5	10.4	16.4	20	18.5	11.6	2.4	-9.6	-20.9	0
$e_n, \text{Па}$	80	110	230	470	820	1410	1880	1800	1140	570	250	110	740

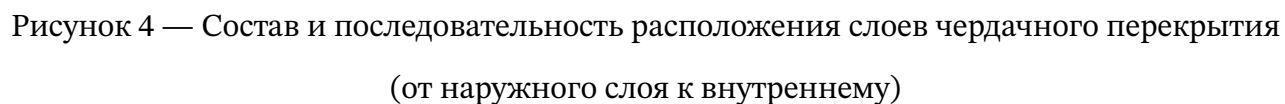
1.2 Объемно-планировочные решения

Проектируемое здание является объектом индивидуального жилищного строительства (частный жилой дом), имеет два этажа. Отапливаемая часть обоих этажей здания имеет прямоугольную форму в плане с размерами 15.55 x 11.98 м. Высота первого и второго этажей (от пола до потолка этажа, толщина перекрытия не учитывается) 3 м. Здание не имеет неотапливаемых пристроек: гаража, бойлерной и т.д. Здание имеет неотапливаемое техническое подполье и чердачное перекрытие.

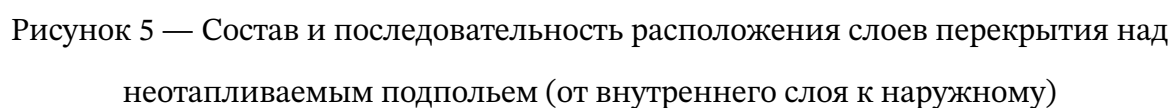
Внешний вид здания, планы этажей, экспликация приведены на рисунке 1.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

						СР111222333 ПЗ	Лист
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		4



- 1) линолеум на тканевой основе, плотностью $\rho_1 = 1800 \text{ кг/м}^3$, толщиной $\delta_1 = 3 \text{ мм}$;
- 2) плита древесно-стружечная, плотностью $\rho_2 = 800 \text{ кг/м}^3$, толщиной $\delta_2 = 20 \text{ мм}$;
- 3) раствор цементно-песчаный, плотностью $\rho_3 = 1800 \text{ кг/м}^3$, толщиной $\delta_3 = 50 \text{ мм}$;
- 4) плиты из пенополистирола, плотностью $\rho_4 = 35 \text{ кг/м}^3$, толщиной $\delta_4 = 200 \text{ мм}$;
- 5) железобетон, плотностью $\rho_5 = 2500 \text{ кг/м}^3$, толщиной $\delta_5 = 120 \text{ мм}$.



- 1) линолеум на тканевой основе, плотностью $\rho_1 = 1800 \text{ кг/м}^3$, толщиной $\delta_1 = 3 \text{ мм}$;
- 2) плита древесно-стружечная, плотностью $\rho_2 = 800 \text{ кг/м}^3$, толщиной $\delta_2 = 30 \text{ мм}$;
- 3) звукоизолятор Изолон, толщиной $\delta_3 = 20 \text{ мм}$;
- 4) раствор цементно-песчаный, плотностью $\rho_4 = 1800 \text{ кг/м}^3$, толщиной $\delta_4 = 30 \text{ мм}$;
- 5) железобетон, плотностью $\rho_5 = 2500 \text{ кг/м}^3$, толщиной $\delta_5 = 120 \text{ мм}$.

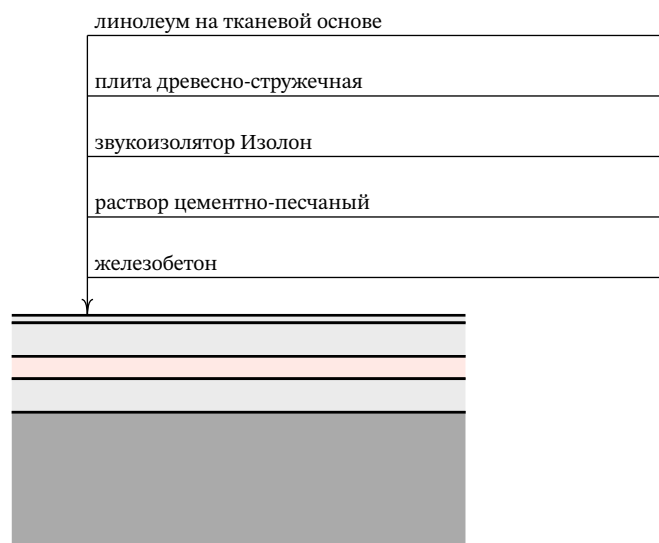


Рисунок 6 — Состав и последовательность расположения слоев межэтажного перекрытия (от верхнего слоя к нижнему)

1.3.6 Светопрозрачные наружные ограждающие конструкции (окна) приняты состоящими из двухкамерного стеклопакета (три стекла). Стёкла без покрытий, промежутки между стёклами 10 мм заполнен воздухом (СП 50.13330.2012, Приложение К, таблица К.1).

1.3.7 Наружные двери приняты утепленными с термическим сопротивлением теплопередаче не менее $0.6R_0^{\text{норм}}$ наружных стен здания (СП 50.13330.2012, раздел 5.2).

1.4 Параметры микроклимата здания

Параметры микроклимата здания приняты по ГОСТ 30494 усредненными для всего отапливаемого объема здания. Температура внутреннего воздуха принята равной $t_{\text{в}} = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ (минимальная из оптимальных температур для жилых комнат жилых зданий)

Взам. инв. №	<p>1.3.7 Наружные двери приняты утепленными с термическим сопротивлением теплопередаче не менее $0.6R_0^{\text{норм}}$ наружных стен здания (СП 50.13330.2012, раздел 5.2).</p> <p>1.4 Параметры микроклимата здания</p> <p>Параметры микроклимата здания приняты по ГОСТ 30494 усредненными для всего отапливаемого объема здания. Температура внутреннего воздуха принята равной $t_{\text{в}} = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ (минимальная из оптимальных температур для жилых комнат жилых зданий)</p>						
	Подп. и дата						
Инв. № подл.						Лист	
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	CP.111222333 ПЗ	8

в районах с температурой наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0.92 минус 31 °С и ниже, Таблица 1 ГОСТ 30494-2011). Допустимая влажность внутреннего воздуха не более 60% (Таблица 1 ГОСТ 30494-2011). Расчетная влажность внутреннего воздуха для определения точки росы и расчета увлажнения ограждающих конструкций принята равной $\varphi_{в} = 55\%$ (пп. 5.7, 8.1 СП 50.13330.2012).

2 Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций

2.1 Теплотехнический расчет несветопрозрачных наружных ограждающих конструкций

Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций (кроме светопрозрачных) произведен согласно Приложению Е, СП 50.13330.2012. Теплотехническая неоднородность конструкций не учитывалась: приведенное термическое сопротивление принято равным условному термическому сопротивлению $R_0^{пр} = R_0^{усл}$.

Условное термическое сопротивление $[(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{С})/\text{Вт}]$ определялось по формуле:

$$R_0^{пр} = R_0^{усл} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{н}}$$

где $\alpha_{в}$ — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции (Таблица 4, СП 50.13330.2012);

$\alpha_{н}$ — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции (Таблица 6, СП 50.13330.2012);

δ_i — толщина i -го слоя ограждающей конструкции, [м];

λ_i — теплопроводность i -го слоя ограждающей конструкции, [Вт/(м °С)] (Таблица Т.1, Приложение Т, СП 50.13330.2012).

Сумма берется по всем слоям ограждающей конструкции.

2.1.1 Для наружных стен коэффициенты теплопроводности λ каждого слоя, определенные по Приложению Т СП 50.13330.2012, приведены ниже в табличном виде.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	λ_i — теплопроводность i -го слоя ограждающей конструкции, [Вт/(м °С)] (Таблица Т.1, Приложение Т, СП 50.13330.2012).						
			Сумма берется по всем слоям ограждающей конструкции.						
			2.1.1 Для наружных стен коэффициенты теплопроводности λ каждого слоя, определенные по Приложению Т СП 50.13330.2012, приведены ниже в табличном виде.						
							СР.111222333 ПЗ		Лист
									9
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата				

№	Наименование	Плотность ρ , кг/м ³	Толщина δ , м	Теплопроводность λ , Вт/(м °С)
1	раствор цементно-песчаный	1800	0.03	0.93
2	кладка из кирпича глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе	1800	0.38	0.81
3	плиты минераловатные из каменного волокна	100	0.2	0.045
4	кладка из кирпича глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе	1800	0.12	0.81
5	раствор цементно-песчаный	1800	0.03	0.93

Коэффициенты теплоотдачи для внутренней и наружной поверхности стены согласно Таблицам 4 и 6 СП 50.13330.2012 равны $\alpha_{\text{в}} = 8.7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ °С})$, $\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ °С})$.

Приведенное термическое сопротивление стены равно:

$$R_{\text{ст}}^{\text{пр}} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.03}{0.93} + \frac{0.38}{0.81} + \frac{0.2}{0.045} + \frac{0.12}{0.81} + \frac{0.03}{0.93} + \frac{1}{23} = 5.2847 \frac{\text{м}^2 \text{ °С}}{\text{Вт}}.$$

2.1.2 Для чердачного перекрытия коэффициенты теплопроводности λ каждого слоя, определенные по Приложению Т СП 50.13330.2012, приведены ниже в табличном виде.

№	Наименование	Плотность ρ , кг/м ³	Толщина δ , м	Теплопроводность λ , Вт/(м °С)
1	асфальтобетон	2100	0.05	1.05
2	плиты из стеклянного штапельного волокна	45	0.25	0.045
3	железобетон	2500	0.12	2.04

Коэффициент теплоотдачи для внутренней поверхности чердачного перекрытия (гладкого потолка) согласно Таблице 4 СП 50.13330.2012 равен $\alpha_{\text{в}} = 8.7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ °С})$. Коэффициент теплоотдачи для наружной поверхности чердачного перекрытия согласно Таблице 6 СП 50.13330.2012 равен $\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ °С})$.

Приведенное термическое сопротивление чердачного перекрытия равно:

$$R_{\text{пер}}^{\text{пр}} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.05}{1.05} + \frac{0.25}{0.045} + \frac{0.12}{2.04} + \frac{1}{23} = 5.8204 \frac{\text{м}^2 \text{ °С}}{\text{Вт}}.$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
			Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

2.1.3 Для перекрытия над неотапливаемым подпольем коэффициенты теплопроводности λ каждого слоя, определенные по Приложению Т СП 50.13330.2012, приведены ниже в табличном виде.

№	Наименование	Плотность ρ , кг/м ³	Толщина δ , м	Теплопроводность λ , Вт/(м °С)
1	линолеум на тканевой основе	1800	0.003	0.35
2	плита древесно-стружечная	800	0.02	0.23
3	раствор цементно-песчаный	1800	0.05	0.93
4	плиты из пенополистирола	35	0.2	0.046
5	железобетон	2500	0.12	2.04

Коэффициент теплоотдачи для внутренней поверхности перекрытия над подпольем (пола) согласно Таблице 4 СП 50.13330.2012 равен $\alpha_v = 8.7$ Вт/(м² °С). Коэффициент теплоотдачи для наружной поверхности перекрытия над неотапливаемым подпольем, сообщаемым с наружным воздухом, согласно Таблице 6 СП 50.13330.2012 равен $\alpha_n = 17$ Вт/(м² °С).

Приведенное термическое сопротивление чердачного перекрытия равно:

$$R_{\text{пол}}^{\text{пр}} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.003}{0.35} + \frac{0.02}{0.23} + \frac{0.05}{0.93} + \frac{0.2}{0.046} + \frac{0.12}{2.04} + \frac{1}{17} = 4.7297 \frac{\text{м}^2 \text{°С}}{\text{Вт}}.$$

2.1.4 Для наружных дверей приведенное термическое сопротивление составляет не менее 60% приведенного термического сопротивления стен:

$$R_{\text{дв}}^{\text{пр}} = 0.6 \cdot 5.2847 = 3.1708 \frac{\text{м}^2 \text{°С}}{\text{Вт}}.$$

2.2 Термическое сопротивление светопрозрачных наружных ограждающих конструкций

Приведенное термическое сопротивление светопрозрачных наружных ограждающих конструкций было принято согласно Таблице К.1 Приложения К, СП 50.13330.2012. Для двухкамерных стеклопакетов из стёкол без покрытий с расстоянием между стёклами 10 мм и 10 мм $R_{\text{ок}}^{\text{пр}} = 0.46$ (м² °С)/Вт. Увеличение приведенного термического сопротивления за счет наличия ПВХ переплётёта окна не учитывалось.

Взам. инв. №		<div> <div>СР.111222333 ПЗ</div> <div>Лист 11</div> </div>				
Подп. и дата						
Инв. № подл.						
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

3 Потребление тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания

3.1 Расчетные тепловые потери

Тепловые потери через ограждающие конструкции при расчетных условиях определялись по формуле:

$$Q_i^p = n_i \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{нр}}}{R_i^{\text{пр}}} F_i \left(1 + \sum_j \beta_j \right), \tag{1}$$

где Q_i^p — расчетные тепловые потери через наружную ограждающую конструкцию i -го типа (стены, окна, пол и т.д.), Вт;

n_i — коэффициент от 0 до 1, учитывающий положение наружной ограждающей конструкции относительно наружного воздуха. Для стен и окон принято $n = 1$, для чердачного перекрытия и перекрытия над неотапливаемым подпольем, сообщающимся с наружным воздухом, принято $n = 0.9$;

$t_{\text{в}}$ — расчетная температура внутреннего воздуха, °С, (см. раздел Раздел 1.4);

$t_{\text{нр}}$ — расчетная температура наружного воздуха, принимаемая для жилых зданий равной температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0.92, °С, (см. раздел Раздел 1.1);

F_i — площадь наружной ограждающей конструкции i -го типа, м², (правила определения площади различных конструкций приведены ниже);

β_j — добавочные тепловые потери: по сторонам света для вертикальных наружных ограждающих конструкций (стен, окон), для вертикальных наружных ограждающих конструкций высотой более 4 м, для помещений с двумя и более наружными стенами, обращенными по разным сторонам света, для регулярно открывающихся дверей и ворот, не оборудованных воздушными или воздушно-тепловыми завесами и т.д.; в данном расчете по укрупненным показателям принято $\beta = 0.05$ для всех вертикальных наружных ограждающих конструкций, $\beta = 0$ для остальных наружных ограждающих конструкций.

3.1.1 Расчетные тепловые потери через окна. Площадь наружных окон определяется в соответствии с их геометрическими размерами. Для прямоугольных наружных окон на первом и втором этаже их суммарная площадь равна

Инв. № подл.	Подп. и дата		Взам. инв. №		<div>СР.111222333 ПЗ</div> <div>Лист</div> <div>12</div>					
	Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата				

$$F_{\text{ок}} = \sum_i A_i H_i n_i = 1.35 \cdot 1.45 \cdot 8 + 2.1 \cdot 1.45 \cdot 1 + 1.35 \cdot 1.45 \cdot 9 + 2.1 \cdot 1.45 \cdot 1 = 39.3675 \text{ м}^2,$$

где A_i — ширина окна i -го типа, м; H_i — высота окна i -го типа, м; n_i — количество окон i -го типа на этаже.

Расчетные тепловые потери через окна равны

$$Q_{\text{ок}}^p = 1 \cdot \frac{21 - (-33)}{0.46} \cdot 39.3675 \cdot (1 + 0.05) = 4852.5 \text{ Вт.}$$

3.1.2 Расчетные тепловые потери через двери. Площадь наружных дверей определяется в соответствии с их геометрическими размерами и количеством аналогично площади окон. Для прямоугольных наружных дверей их суммарная площадь равна

$$F_{\text{дв}} = 1.2 \cdot 2.2 \cdot 2 = 5.28 \text{ м}^2,$$

где A_i — ширина окна i -го типа, м; H_i — высота окна i -го типа, м; n_i — количество окон i -го типа на этаже.

Расчетные тепловые потери через двери

$$Q_{\text{дв}}^p = 1 \cdot \frac{21 - (-33)}{3.1708} \cdot 5.28 \cdot (1 + 0.05) = 94.417 \text{ Вт.}$$

3.1.3 Расчетные тепловые потери через стены. При расчете площади стен используются следующие правила обмера. Ширина стены определяется по наружному размеру конструкции. Высота первого этажа определяется как сумма высоты этажа от пола до потолка, толщины перекрытия над подвалом или подпольем, толщины перекрытия над первым этажом (высота этажа, высота нижнего перекрытия, высота верхнего перекрытия). Высота второго и следующих этаже определяется как сумма высоты этажа от пола до потолка и толщины перекрытия над этажом (высота этажа, высота верхнего перекрытия). Из площади стен вычитаются площади окон и дверей. Для прямоугольного здания размерами $A \times B$ при одинаковой площади этажей площадь стен можно определить как периметр здания по наружному обмеру, умноженный на суммарную высоту здания, включая все перекрытия:

$$F_{\text{ст}} = 2(A + B)(\delta_{\text{п}} + h_1 + \delta_1 + h_2 + \delta_{\text{ч}}) - F_{\text{ок}} - F_{\text{дв}},$$

Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.		СР.111222333 ПЗ						Лист
												13
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата							

где $2(A + B)$ — периметр здания; $\delta_{\text{п}}$ — толщина перекрытия над подвалом (подпольем); δ_1 — толщина перекрытия между этажами; $\delta_{\text{ч}}$ — толщина чердачного перекрытия; h_i — высота i -го этажа.

Площадь стен здания равна

$$F_{\text{ст}} = 2 \cdot (15.55 + 11.98) \cdot (0.393 + 3 + 0.203 + 3 + 0.42) - 39.3675 - 5.28 = 341.65 \text{ м}^2.$$

Расчетные тепловые потери через стены

$$Q_{\text{ст}}^{\text{р}} = 1 \cdot \frac{21 - (-33)}{5.2847} \cdot 341.65 \cdot (1 + 0.05) = 3665.7 \text{ Вт}.$$

3.1.4 Расчетные тепловые потери через перекрытие над подпольем. Площадь перекрытий определяется по внутреннему обмеру, то есть без учета толщины наружных стен. Для прямоугольного в плане здания площадь перекрытия равна

$$F_{\text{пол}} = (A - 2\delta_{\text{ст}})(B - 2\delta_{\text{ст}}) = (15.55 - 2 \cdot 0.76) \cdot (11.98 - 2 \cdot 0.76) = 146.75 \text{ м}^2,$$

где A и B — длина и ширина здания по наружному обмеру.

Расчетные тепловые потери через перекрытие над неотапливаемым подпольем

$$Q_{\text{пол}}^{\text{р}} = 0.9 \cdot \frac{21 - (-33)}{4.7297} \cdot 146.75 \cdot (1 + 0.0) = 1508 \text{ Вт}.$$

3.1.5 Расчетные тепловые потери через чердачное перекрытие. Площадь чердачного перекрытия определяется также по внутреннему обмеру. Для прямоугольного в плане здания площадь чердачного перекрытия равна

$$F_{\text{ч}} = (A - 2\delta_{\text{ст}})(B - 2\delta_{\text{ст}}) = (15.55 - 2 \cdot 0.76) \cdot (11.98 - 2 \cdot 0.76) = 146.75 \text{ м}^2,$$

где A и B — длина и ширина здания по наружному обмеру.

Расчетные тепловые потери через чердачное перекрытие

$$Q_{\text{ч}}^{\text{р}} = 0.9 \cdot \frac{21 - (-33)}{5.8204} \cdot 146.75 \cdot (1 + 0.0) = 1225.4 \text{ Вт}.$$

3.1.6 Расчетные тепловые потери на нагрев вентиляционного воздуха. Тепловые потери на нагрев вентиляционного воздуха определяются по формуле

$$Q_{\text{в}}^{\text{р}} = 0.335G_{\text{в}}(t_{\text{в}} - t_{\text{нр}}),$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Расчетные тепловые потери через чердачное перекрытие						
			$Q_{\text{ч}}^{\text{p}} = 0.9 \cdot \frac{21 - (-33)}{5.8204} \cdot 146.75 \cdot (1 + 0.0) = 1225.4 \text{ Вт.}$						
			3.1.6 Расчетные тепловые потери на нагрев вентиляционного воздуха. Тепловые потери на нагрев вентиляционного воздуха определяются по формуле						
$Q_{\text{в}}^{\text{p}} = 0.335 G_{\text{в}} (t_{\text{в}} - t_{\text{нр}}),$									
						СР.111222333 ПЗ			Лист
									14
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата				

где $G_{\text{в}}$ — объемный расход вентиляционного воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$. Температуры наружного и внутреннего воздуха аналогичны формуле (1).

Объемный расход вентиляционного воздуха в жилых домах можно приближенно определить как сумму нормативных расходов для вентиляции кухни ($60 \text{ м}^3/\text{ч}$) и санузлов ($25 \text{ м}^3/\text{ч}$ на каждый унитаз, биде, смеситель). Для жилого дома с двумя санузлами, в каждом из которых установлено по одному унитазу, одному смесительному узлу на раковину и ванну, без биде получим

$$G_{\text{в}} = 60 + 2 \cdot (25 + 25) = 160 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

Расчетные тепловые потери на нагрев вентиляционного воздуха

$$Q_{\text{в}}^{\text{р}} = 0.335 \cdot 160 \cdot (21 - (-33)) = 2894.4 \text{ Вт}.$$

3.1.7 Суммарные расчетные тепловые потери сумме всех определенных выше тепловых потерь

$$\begin{aligned} Q^{\text{р}} &= Q_{\text{ок}}^{\text{р}} + Q_{\text{дв}}^{\text{р}} + Q_{\text{ст}}^{\text{р}} + Q_{\text{пол}}^{\text{р}} + Q_{\text{ч}}^{\text{р}} + Q_{\text{в}}^{\text{р}} \\ &= 4852.5 + 94.417 + 3665.7 + 1508 + 1225.4 + 2894.4 = 14240 \text{ Вт}. \end{aligned}$$

3.2 Потребление тепловой энергии за отопительный период

Потребление тепловой энергии за произвольный j -й период определяется по формуле

$$Q_j = Q^{\text{р}} \frac{t_{\text{в}} - t_j}{t_{\text{в}} - t_{\text{нр}}} \frac{86400}{4.1868 \cdot 10^9} z_j,$$

где $Q^{\text{р}}$ — расчетные тепловые потери здания, Вт;
 t_j — средняя температура наружного воздуха j -го периода, $^{\circ}\text{C}$;
86400 — количество секунд в сутках;
 $4.1868 \cdot 10^9$ — перевод энергии из единиц СИ (Джоулей) в гигакалории, $1 \text{ кал} = 4.1868 \text{ Дж}$ (точно);
 z_j — продолжительность j -го периода, сут.;

остальные обозначения аналогичны формуле (1).

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

						СР.111222333 ПЗ	Лист
							15
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

Согласно данным из раздела Раздел 1.1 продолжительность отопительного периода (периода со средней температурой наружного воздуха минус 8 °С и ниже) составляет $z_{от} = 222$ сут., средняя температура наружного воздуха за отопительный период равна $t_{от} = -10.7$ °С. Соответственно потребление тепловой энергии составит

$$Q_{от} = 14240 \cdot \frac{21 - (-10.7)}{21 - (-33)} \cdot \frac{86400}{4.1868 \cdot 10^9} \cdot 222 = 38.297 \text{ Гкал.}$$

За январь ($z_{январь} = 31$ сут., $t_{н,январь} = -23.8$ °С, см. раздел Раздел 1.1) потребление тепловой энергии составит

$$Q_{январь} = 14240 \cdot \frac{21 - (-23.8)}{21 - (-33)} \cdot \frac{86400}{4.1868 \cdot 10^9} \cdot 31 = 7.5578 \text{ Гкал.}$$

Потребление тепловой энергии в другие месяцы отопительного периода определяется аналогично и приведено в таблице 2. (Сумма продолжительностей отопительного периода по месяцам должна соответствовать продолжительности отопительного периода в целом. В месяцы начала и окончания отопительного периода (сентябрь и май в данном случае) оставшиеся сутки отопительного периода могут распределены равномерно или пропорционально средней температуре наружного воздуха, то есть в более холодный месяц принимается большее количество суток отопительного периода.)

Таблица 2 — Продолжительность отопительного периода по месяцам и потребление тепловой энергии на отопление и вентиляцию за каждый месяц и за отопительный период

	Сент	Окт	Ноя	Дек	Январь	Февр	Март	Апр	Май	Отоп.пер.
Прод.пер. z, сут.	5	31	30	31	31	28	31	30	5	222
Потр.эн. Q, Гкал	0.2558	3.1378	4.9957	7.0686	7.5578	6.095	5.0442	3.0203	0.2884	38.2974

3.3 Сравнение стоимости отопления для различных видов топлива

Сравниваемые источники тепловой энергии на отопление здания:

- 1) централизованное снабжение тепловой энергией, теплоноситель — вода;
- 2) централизованное снабжение электрической энергией, отопление с использованием электрообогревателей или электродкотла;
- 3) централизованное снабжение природным газ, отопление с использованием газового котла;

- 4) децентрализованное снабжение сжиженным газом (баллоны), отопление с использованием газового котла;
- 5) децентрализованное снабжение жидким топливом (дизельное топливо в бочках), отопление с использованием жидкотопливного котла;
- 6) децентрализованное снабжение твердым топливом (уголь ГКО, Ургальское месторождение), отопление с использованием твердотопливного котла;
- 7) децентрализованное снабжение твердым топливом (пеллеты, дрова), отопление с использованием твердотопливного котла.

Среднее месячное потребление топлива или вида энергии определялось по формуле

$$G_{\text{ср.м.}} = \frac{Q_{\text{от}}}{z_{\text{мес.}} \eta q_{\text{н}}} = \frac{30.147 Q_{\text{от}}}{z_{\text{от}} \eta q_{\text{н}}},$$

где $z_{\text{мес.}} = z_{\text{от}}/30.147$ — продолжительность отопительного периода в месяцах;

η — к.п.д. преобразования используемого топлива или вида энергии в тепловую энергию (к.п.д. котла, например) в долях от единицы;

$q_{\text{н}}$ — низшая теплота сгорания топлива или коэффициент преобразования используемого вида энергии в тепловую энергию в гигакалориях.

Стоимость топлива или энергии, потребленных за месяц, рассчитывается по формуле

$$S = G_{\text{ср.м.}} C_{\text{т}},$$

где $C_{\text{т}}$ — цена за единицу топлива.

Результаты расчетов приведены ниже в табличном виде. В таблице указана принятая единица измерения топлива или вида энергии: кг, тонна, 1000 м^3 , кВт · ч и т.д. Теплотворная способность и цена указаны за единицу измерения топлива (энергии).

Вид топлива	Ед.изм.	$q_{\text{н}}$, Гкал/ед.изм.	$C_{\text{т}}$, руб./ед.изм.*	η	$G_{\text{ср.м.}}$, ед.изм.	Стоим., руб./мес.
Тепловая энергия	1 Гкал	1	2947.69	1	5.2007	15330
Электроэнергия	1 кВт · ч	1/1163	5.30	1	6048.4	32056
Природный газ	1000 м^3	8.503	6653.38	0.85	0.71956	4787.5
Сжиженный газ	1 т	11.94	65900	0.85	0.51243	33769
Дизтопливо	1 т	10.7	60000	0.85	0.57182	34309
Уголь ГКО	1 т	5.312	7650	0.6	1.6317	12483
Пеллеты	1 т	3.941	11000	0.65	2.0302	22332

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист
			Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

* — Для тепловой энергии принята максимальная стоимость за 1 Гкал, установленная Правительством Хабаровского края на II полугодие 2024 года. Для электрической энергии принята стоимость 1 кВт · ч, установленная Правительством Хабаровского края на II полугодие 2024 года при потреблении энергии по одноставочному тарифу на нужды отопления, горячего водоснабжения, приготовления пищи. Для природного газа принята стоимость 1000 м³, установленная Правительством Хабаровского края и АО «Газпром газораспределение Дальний Восток» на 2024 год при потреблении природного газа на нужды отопления, горячего водоснабжения, приготовления пищи. Для сжиженного газа, дизельного топлива, угля, пеллет принята средняя по г. Хабаровску стоимость без учета стоимости доставки топлива до потребителя.

4 **Защита от переувлажнения ограждающих конструкций**

4.1 **Плоскость максимального увлажнения**

4.1.1 **Исходные данные.** Плоскость максимального увлажнения определяется для периода с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха (в расчете учитываются только месяцы с отрицательной средней месячной температурой) (п. 8.5 СП 50.13330.2012): ноябрь (−9.6 °С), декабрь (−20.9 °С), январь (−23.8 °С), февраль (−19 °С), март (−8.9 °С).

Средняя температура наружного воздуха за период с отрицательными средними месячными температурами

$$t_{н,отр} = \frac{(-9.6) + (-20.9) + (-23.8) + (-19) + (-8.9)}{5} = -16.44\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за период с отрицательными средними месячными температурами

$$e_{н,отр} = \frac{250 + 110 + 80 + 110 + 230}{5} = 156\text{ Па}.$$

Продолжительность периода с отрицательными средними месячными температурами

$$z_0 = 30 + 31 + 31 + 28 + 31 = 151\text{ сут}.$$

Среднее парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха определяется по формуле (пп. 5.7, 8.1, 8.6 СП 50.13330.2012)

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

						СР.111222333 ПЗ	Лист
							18
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

$$e_B = \frac{\varphi_B}{100} \cdot 1.84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273 + t_B}\right) =$$

$$= \frac{55}{100} \cdot 1.84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273 + 21}\right) = 1354.4 \text{ Па},$$

где t_B и φ_B — температура и влажность воздуха в здании (см. Раздел 1.4).

4.1.2 Расчетное парциальное давление водяных паров внутри конструкции.

Сопротивление паропроницанию i -го слоя многослойной ограждающей конструкции $R_{\pi i}$, ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$)/мг определяется по формуле

$$R_{\pi i} = \frac{\delta_i}{\mu_i},$$

где δ_i — толщина i -го слоя конструкции, м; μ_i — расчетный коэффициент паропроницаемости материала слоя конструкции, мг/(м · ч · Па). Сопротивление массоотдаче от воздуха к внутренней и наружной поверхностям ограждающей конструкции, а также сопротивление паропроницанию воздушного зазора внутри конструкции принимаются равными нулю. Сопротивление паропроницанию $R_{\pi i}$ листовых материалов и тонких слоев пароизоляции принимается по Таблице М.1, Приложение М, СП 50.13330.2012.

Сопротивление паропроницанию $R_{\pi,0}$, ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$)/мг многослойной ограждающей конструкции (или ее части) равно сумме сопротивлений паропроницанию составляющих ее слоев, включая листовые материалы и тонкие слои пароизоляции

$$R_{\pi,0} = R_{\pi 1} + R_{\pi 2} + \dots + R_{\pi n}$$

Сопротивления паропроницанию отдельных слоев наружной стены здания и суммарное сопротивление паропроницанию приведены ниже в таблице

Наименование слоя	δ , м	μ , мг/(м · ч · Па)	R_{π} , ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$)/мг
раствор цементно-песчаный	0.03	0.09	0.33333
кладка из кирпича глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе	0.38	0.11	3.4545
плиты минераловатные из каменного волокна	0.2	0.32	0.625
кладка из кирпича глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе	0.12	0.11	1.0909
раствор цементно-песчаный	0.03	0.09	0.33333
Сумма	0.76	—	$R_{\pi,0} = 5.8371$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №							Лист 19
			Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

$$e_{i,i+1} = e_{B1} - (e_{B1} - e_{5H}) \frac{R_{\Pi1} + R_{\Pi2} + \dots + R_{\Pi i}}{R_{\Pi,0}},$$

Полученные расчетные значения давления водяного пара приведены ниже на рисунке 7.

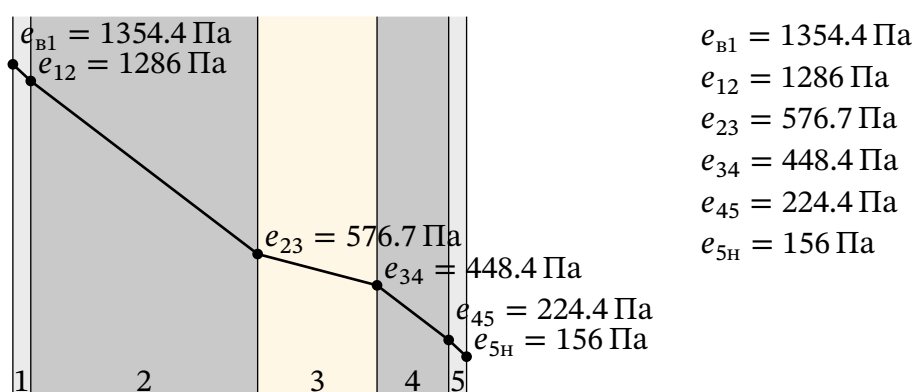


Рисунок 7 — Расчетное парциальное давление водяного пара внутри наружной стены
(внутренний слой слева, наружный — справа)

4.1.3 Парциальное давление насыщенного водяного пара внутри конструкции. Температура внутренней $t_{в1}$ и наружной $t_{нн}$ поверхностей наружной ограждающей конструкции (стены) определяется по формулам (n — количество слоев в конструкции)

$$t_{B1} = t_B - (t_B - t_{H,OTp}) \frac{1}{\alpha_B R_0},$$

$$t_{nH} = t_{H,OTp} + (t_B - t_{H,OTp}) \frac{1}{\alpha_H R_0},$$

где $t_{\text{в}} = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ — температура воздуха в здании (см. Раздел 1.4); $t_{\text{н,отр}} = -16.44\text{ }^{\circ}\text{C}$ — средняя температура наружного воздуха за период с отрицательными средними месячными

Взам. инв. №	<p>конструкции (стены) определяется по формулам (n — количество слоев в конструкции)</p> $t_{в1} = t_{в} - (t_{в} - t_{н,отр}) \frac{1}{\alpha_{в} R_0},$ $t_{нн} = t_{н,отр} + (t_{в} - t_{н,отр}) \frac{1}{\alpha_{н} R_0},$ <p>где $t_{в} = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ — температура воздуха в здании (см. Раздел 1.4); $t_{н,отр} = -16.44\text{ }^{\circ}\text{C}$ — средняя температура наружного воздуха за период с отрицательными средними месячными</p>					
Подп. и дата						
Инв. № подл.						

температурами (см. Раздел 4.1.1); $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{н}}$, R_0 — коэффициент теплоотдачи от внутреннего воздуха к внутренней поверхности конструкции, коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности конструкции к наружному воздуху, Вт/(м² °С), и приведенное термическое сопротивление конструкции, (м² °С)/Вт (см. Раздел 2.1.1).

Температура между i -м и $(i + 1)$ -м слоями конструкции определяется по формуле

$$t_{i,i+1} = t_{\text{в}} - (t_{\text{в}} - t_{\text{н,отр}}) \frac{\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_1 + \dots + R_i}{R_0},$$

где $R_1 = \delta_1/\lambda_1$, $R_i = \delta_i/\lambda_i$ — термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции, (м² °С)/Вт. Сумма термических сопротивлений слоев берется до i -го слоя включительно. δ_i — толщина i -го слоя, м; λ_i — теплопроводность i -го слоя, Вт/(м °С).

Парциальное давление насыщенного водяного пара на внутренней и наружной поверхностях ограждающей конструкции, а также между i -м и $(i + 1)$ -м слоями конструкции определяется по формуле

$$e_{\text{н},i+1} = 1.84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273 + t_{i,i+1}}\right),$$

где $t_{i,i+1}$ — температура между слоями конструкции или на поверхностях конструкции $t_{\text{в1}}$, $t_{\text{нн}}$.

Результаты расчетов термических сопротивлений, температур поверхностей, парциальных давлений насыщенного водяного пара, расчетные значения парциальных давлений водяного пара, полученные в предыдущем параграфе, приведены ниже.

Наименование слоя	δ , м	λ , Вт/(м °С)	R , (м ² °С)/Вт
Теплоотдача с внутренней стороны	$\alpha_{\text{в}} = 8.7$ Вт/(м ² °С)		0.11494
раствор цементно-песчаный	0.03	0.93	0.032258
кладка из кирпича глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе	0.38	0.81	0.46914
плиты минераловатные из каменного волокна	0.2	0.045	4.4444
кладка из кирпича глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе	0.12	0.81	0.14815
раствор цементно-песчаный	0.03	0.93	0.032258
Теплоотдача с наружной стороны	$\alpha_{\text{н}} = 23$ Вт/(м ² °С)		0.043478
Сумма	0.76	—	$R_0 = 5.2847$

Взам. инв. №	Подп. и дата	теплоотдача с внутренней стороны	$\alpha_{в} = 8.7 \text{ Вт/}(\text{м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C})$	0.11454	
		раствор цементно-песчаный	0.03	0.93	0.032258
		кладка из кирпича глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе	0.38	0.81	0.46914
		плиты минераловатные из каменного волокна	0.2	0.045	4.4444
		кладка из кирпича глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе	0.12	0.81	0.14815
		раствор цементно-песчаный	0.03	0.93	0.032258
		Теплоотдача с наружной стороны	$\alpha_{н} = 23 \text{ Вт/}(\text{м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C})$		0.043478
Сумма	0.76	–	$R_0 = 5.2847$		

Инв. № подл.							CP.111222333 ПЗ	Лист
						21		
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата			

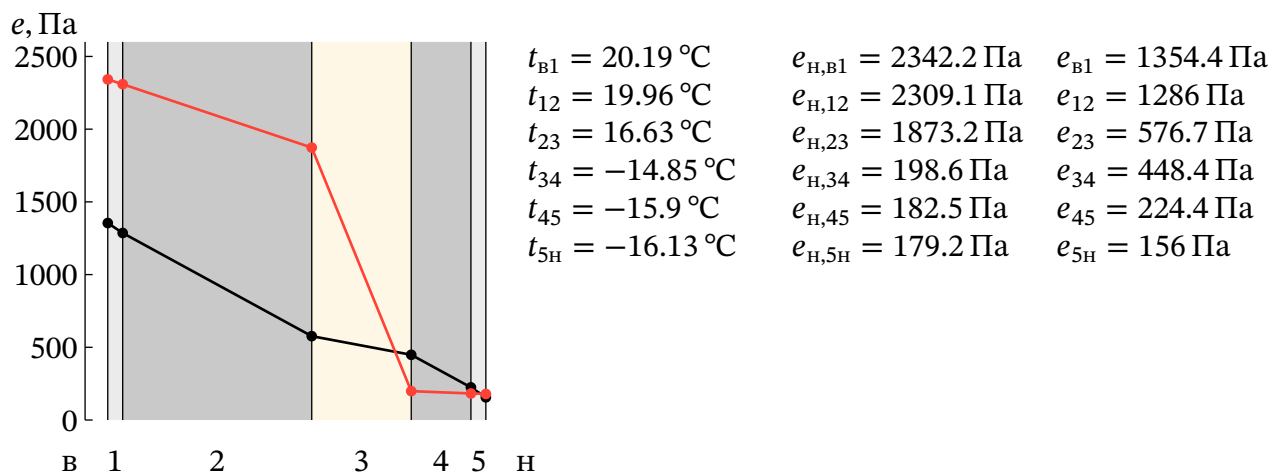


Рисунок 8 — Сравнение парциального давления насыщенного водяного пара (ломаная линия красного цвета) и расчетного парциального давления пара (ломаная линия черного цвета) с целью определения плоскости конденсации внутри наружной стены (внутренний слой слева, наружный — справа)

При наличии пересечений линий расчетного парциального давления водяных паров и парциального давления насыщенного водяного пара (максимально возможного давления водяного пара при данной температуре) плоскость максимального увлажнения существует и находится внутри слоя, в котором происходит первое пересечение данных линий (пересечения считаются слева направо, см. рисунок 8). Если первое пересечение находится внутри выраженного слоя теплоизоляции, то плоскость максимального увлажнения принимается на наружной границе слоя теплоизоляции, то есть на границе «34». Слои до 3-го включительно относятся к слоям, расположенным между внутренним воздухом и плоскостью максимального увлажнения. Слои от 4-го до наружного относятся к слоям, расположенным между плоскостью максимального увлажнения и наружным воздухом.

Термическое сопротивление внутренней части стены от внутреннего воздуха до плоскости максимального увлажнения составляет

$$R_B = \frac{1}{\alpha_B} + R_1 + R_2 + R_3 = \frac{1}{8.7} + 0.03226 + 0.46914 + 4.44444 = 5.0608 \frac{\text{м}^2 \text{ °C}}{\text{Вт}}.$$

Термическое сопротивление наружной части стены от плоскости максимального увлажнения до наружного воздуха:

$$R_H = R_0 - R_B = 5.2847 - 5.0608 = 0.22388 \frac{\text{м}^2 \text{ °C}}{\text{Вт}}.$$

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	
Изм.	
Кол.уч	
Лист	
№ док.	
Подп.	
Дата	

СР.111222333 ПЗ

Лист 22

Сопротивление паропрооницанию внутренней части стены от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения:

$$R_{п,в} = R_{п,1} + R_{п,2} + R_{п,3} = 0.33333 + 3.45455 + 0.625 = 4.4129 \frac{м^2 \cdot ч \cdot Па}{Мг}.$$

Сопротивление паропрооницанию наружной части стены от плоскости максимального увлажнения до наружной поверхности:

$$R_{п,н} = R_{п,0} - R_{п,в} = 5.8371 - 4.4129 = 1.4242 \frac{м^2 \cdot ч \cdot Па}{Мг}.$$

4.2 Недопустимость накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации

За годовой период эксплуатации здания в плоскости максимального увлажнения ограждающих конструкциях не должно происходить накопление влаги. Сопротивление паропрооницанию от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения, которое обеспечит выполнение этого требования, рассчитывается по формуле

$$R_{пл}^{тр} = \frac{e_в - E}{E - e_н} R_{п,н},$$

где $e_в = 1354.4$ Па — давление водяных паров внутри помещений здания (см. Раздел 4.1.1);
 $e_н = 740$ Па — среднее парциальное давление водяных паров за годовой период (см. Раздел 1.1);

E — парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения за годовой период эксплуатации здания.

Для определения E годовой период разделяют на три периода: зимний (индекс 1), в который входят месяцы со средней месячной температурой наружного воздуха ниже минус 5 °С; переходный (индекс 2), в который входят месяцы со средней месячной температурой наружного воздуха от минус 5 °С до плюс 5 °С; летний (индекс 3), в который входят месяцы со средней месячной температурой наружного воздуха выше плюс 5 °С. Продолжительность периодов z_1, z_2, z_3 исчисляется в месяцах. Для каждого периода определяется средняя температура наружного воздуха, как среднее арифметическое среднемесячных температур наружного воздуха:

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

						СР111222333 ПЗ	Лист
							23
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

$$t_{н,i} = \frac{\sum_j t_{н,мес,j}}{z_i},$$

где $t_{н,мес,j}$ — средняя месячная температура наружного воздуха для j -го месяца, входящего в i -й период, °С (см. Раздел 1.1). Сумма берется по всем месяцам, входящим в i -й период. Например, для зимнего периода ($z_1 = 5$ мес.):

$$t_{н,1} = \frac{(-23.8) + (-19) + (-8.9) + (-9.6) + (-20.9)}{5} = -16.44 \text{ °С}.$$

Средняя температура в плоскости максимального увлажнения за зимний, переходный и летний периоды определяется по формуле

$$t_{х,i} = t_{в} - (t_{в} - t_{н,i}) \frac{R_{в}}{R_0},$$

где $R_{в}$ — термическое сопротивление от внутреннего воздуха до плоскости максимального увлажнения (см. Раздел 4.1.3). Если для летнего периода значение температуры $t_{х3}$ получилось меньше средней температуры наружного воздуха, то температура $t_{х3}$ принимается равной средней температуре наружного воздуха $t_{х3} = t_{н,3}$.

Например, для зимнего периода эксплуатации здания получим

$$t_{х1} = 21 - (21 - (-16.44)) \cdot \frac{5.0608}{5.2847} = -14.85 \text{ °С}.$$

Парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения за i -й период эксплуатации здания определяется по формуле

$$E_i = 1.84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273 + t_{х,i}}\right),$$

что для зимнего периода, например, дает

$$E_i = 1.84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273 + (-14.85)}\right) = 198.6 \text{ Па}.$$

Парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения за годовой период эксплуатации здания определяется по формуле

$$E = \frac{z_1 E_1 + z_2 E_2 + z_3 E_3}{12}.$$

Взам. инв. №		что для зимнего периода, например, дает							
		$E_i = 1.84 \cdot 10^{11} \exp\left(-\frac{5330}{273 + (-14.85)}\right) = 198.6 \text{ Па.}$							
Подп. и дата		Парциальное давление насыщенного водяного пара в плоскости максимального увлажнения за годовой период эксплуатации здания определяется по формуле							
		$E = \frac{z_1 E_1 + z_2 E_2 + z_3 E_3}{12}.$							
Инв. № подл.								CP.111222333 ПЗ	Лист
									24
		Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

						<div> <div>СР.111222333 ПЗ</div> <div>Лист</div> <div>25</div> </div>
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	

Лист
25

период. Плоскость максимального увлажнения находится на границе слоев «34» (см. Раздел 4.1.3). Поскольку расчеты плоскости максимального увлажнения также были проведены для периода с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха, то $E_0 = e_{н,34} = 198.6 \text{ Па}$;

$\rho_w = 100 \text{ кг/м}^3$ — плотность материала увлажняемого слоя (плиты минераловатные из каменного волокна);

$\delta_w = 0.2 \text{ м}$ — толщина увлажняемого слоя;

$\Delta w = 3\%$ — предельно допустимое приращение влажности в материале увлажняемого слоя (Таблица 10 СП 50.13330.2012).

$$R_{п2}^{тр} = \frac{0.0024 \cdot 151 \cdot (1354.4 - 198.6)}{100 \cdot 0.2 \cdot 3 + \frac{0.0024 \cdot 151 \cdot (198.6 - 156)}{1.4242}} = 5.9128 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}.$$

Сопротивление паропрооницанию от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения $R_{п,в} = 4.4129 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}/\text{мг}$ меньше требуемого сопротивления $R_{п2}^{тр} = 5.9128 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}/\text{мг}$. Требование ограничения накопления влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха не выполнено. Для выполнения требования ограничения накопления влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха необходимо устройство дополнительного слоя пароизоляции с внутренней стороны конструкции.

5 Теплоусвоение поверхности полов

Поверхность пола жилых зданий должна иметь расчетный показатель теплоусвоения не более $Y_{пол}^{тр} = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ (Таблица 12, СП 50.13330.2012). Расчетная величина теплоусвоения пола $Y_{пол}$ определяется следующим образом.

Для каждого слоя пола, начиная верхнего слоя, по Таблице Т.1, Приложения Т, СП 50.13330.2012 определяются теплопроводность слоя $\lambda_i, \text{ Вт}/(\text{м } ^\circ\text{C})$ и теплоусвоение при периоде 24 часа $s_i, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$. Термическое сопротивление слоя $R_i, (\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ рассчитывается по формуле

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

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	теплоусвоения пола $Y_{\text{пол}}$ определяется следующим образом.							
			Для каждого слоя пола, начиная верхнего слоя, по Таблице Т.1, Приложения Т, СП 50.13330.2012 определяются теплопроводность слоя λ_i , Вт/(м °С) и теплоусвоение при периоде 24 часа s_i , Вт/(м ² °С). Термическое сопротивление слоя R_i , (м ² °С)/Вт рассчитывается по формуле							
			$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i},$							
									СР.111222333 ПЗ	Лист
										26
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата					

где δ_i — толщина i -го слоя пола, м.

Тепловая инерция i -го слоя пола D_i рассчитывается по формуле

$$D_i = R_i s_i.$$

Также определяется тепловая инерция слоев нарастающим итогом. Для i -го слоя она равна сумме тепловых инерций от первого слоя до i -го слоя.

$$D_i^{\text{cum}} = D_1 + \dots + D_{i-1} + D_i$$

Рассчитанные показатели пола приведены ниже в табличном виде.

Наименование слоя	δ , м	λ , Вт/(м °C)	s , Вт/(м ² °C)	R , (м ² °C)/Вт	D	D^{cum}
линолеум на тканевой основе	0.003	0.35	8.22	0.0085714	0.070457	0.070457
плита древесно-стружечная	0.02	0.23	4.43	0.086957	0.38522	0.45567
раствор цементно-песчаный	0.05	0.93	11.09	0.053763	0.59624	1.0519
плиты из пенополистирола	0.2	0.046	0.45	4.3478	1.9565	3.0084
железобетон	0.12	2.04	18.95	0.058824	1.1147	4.1231

По рассчитанным значениям тепловой инерции нарастающим итогом D_i^{cum} определяются n -й и $(n + 1)$ -й слои такие, что $D_n^{\text{cum}} < 0.5$, а $D_{n+1}^{\text{cum}} \geq 0.5$. (Второй и третий слои в данном случае.) Если тепловая инерция первого слоя $D_1^{\text{cum}} \geq 0.5$, то n -й слой отсутствует, а первый слой является $(n + 1)$ -м. Если для последнего слоя тепловая инерция нарастающим итогом меньше 0.5, то последний слой является $(n + 1)$ -м, а предпоследний слой является n -м.

Тепловая инерция слоев пола рассчитывается в обратном порядке от $(n + 1)$ -го слоя к 1-му слою. Тепловая инерция $(n + 2)$ -го и последующих слоев не рассчитывается.

Тепловая инерция $(n + 1)$ -го слоя рассчитывается по формуле

$$Y_{n+1} = 2s_{n+1}.$$

Тепловая инерция слоев от n -го до 1-го рассчитывается по формуле

$$Y_i = \frac{4R_i s_i^2 + Y_{i+1}}{1 + R_i Y_{i+1}}.$$

Рассчитанные показатели тепловой инерции пола приведены ниже в табличном виде.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

						СР.111222333 ПЗ	Лист
							27
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

Эквивалентная поверхностная плотность конструкции m_3 определяется по формуле

$$m_3 = K(\rho_1 \delta_1 + \dots + \rho_n \delta_n),$$

где K — коэффициент, учитывающий увеличение изгибной жесткости конструкции по отношению к бетону, определяется для основного слоя конструкции по Таблице 10 СП 23-103-2003;

ρ_i — плотность i -го слоя конструкции, кг/м^3 ;

δ_i — толщина i -го слоя, м.

Для конструкции внутренней стены получим

$$m_3 = 1.2 \cdot (0.02 \cdot 1800 + 0.2 \cdot 1600 + 0.02 \cdot 1800) = 470.4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}.$$

Ордината R_B точки B частотной характеристики изоляции воздушного шума конструкции определяется по формуле (округление производится до целого числа децибелл)

$$R_B = 20 \lg m_3 - 12 = 20 \lg 470.4 - 12 = 41 \text{ дБ}.$$

Расчетная частотная характеристика внутренней перегородки и оценочная кривая, смещенная для обеспечения суммарных неблагоприятных отклонений $\Delta = 25$ дБ приведены на рисунке 9.

Индекс изоляции воздушного шума перегородкой составляет $R_w = 57$ дБ (значение смещенной оценочной кривой на частоте $f = 500$ Гц). Полученное значение удовлетворяет требованиям СП 23-103-2003 для домов категории "А".

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №						
						СР.111222333 ПЗ		Лист
								29
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата			

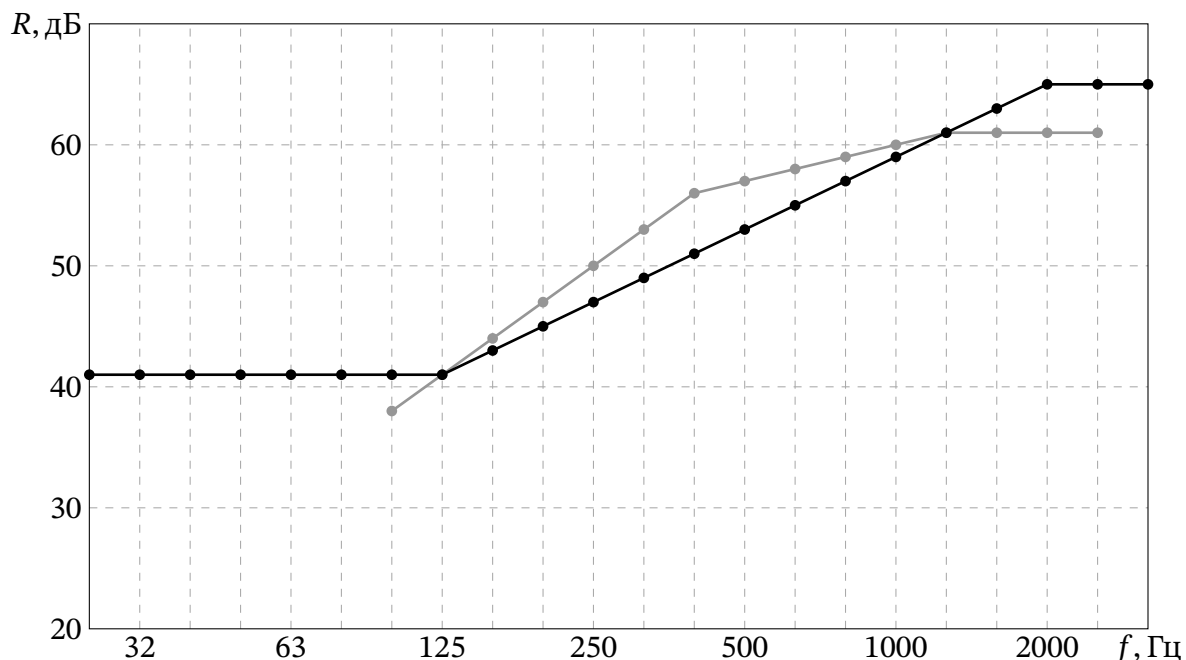


Рисунок 9 — Расчетная частотная характеристика внутренней перегородки (черная линия) и оценочная кривая, смещенная для обеспечения суммарных неблагоприятных отклонений $\Delta = 25$ дБ

6.2 Индекс приведенного ударного шума под междуэтажным перекрытием

Согласно таблице 1 СП 23-103-2003 индекс приведенного ударного шума под междуэтажным перекрытием между комнатами в квартире в двух уровнях должен быть не больше $L_{nw} = 63, 66, 68$ дБ в домах категории "А", "Б" и "В" соответственно.

Индекс приведенного ударного шума под междуэтажным перекрытием определяется с использованием Таблиц 16, 17, 18 СП 23-103-2003 и поверхностных плотностей несущей части перекрытия m_1 (от потолка нижнего этажа до звукоизоляционного слоя) и пола m_2 (внизу вверх от звукоизоляционного слоя по поверхности пола). Полезная нагрузка для жилого здания принимается равной 2000 Па (значение нагрузки необходимо для выбора данных из таблиц 16, 17, 18). Полы из стяжки, плит ДСП, фанеры с покрытием из линолеума, ламината, ДВП и других тонких листовых материалов согласно таблице 17 СП 23-103-2003 называются "Покрытие пола на монолитной стяжке или сборных плитах ...".

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	и пола m_2 (внизу вверх от звукоизоляционного слоя по поверхности пола). Полезная нагрузка для жилого здания принимается равной 2000 Па (значение нагрузки необходимо для выбора данных из таблиц 16, 17, 18). Полы из стяжки, плит ДСП, фанеры с покрытием из линолеума, ламината, ДВП и других тонких листовых материалов согласно таблице 17 СП 23-103-2003 называются "Покрытие пола на монолитной стяжке или сборных плитах ...".																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

Определяем поверхностные плотности элементов перекрытия (см. Раздел 1.3.5, в котором приведен состав междуэтажного перекрытия). Для несущей части перекрытия: железобетон, железобетон

$$m_1 = \rho_5\delta_5 + \rho_4\delta_4 = 2500 \cdot 0.12 + 1800 \cdot 0.03 = 354 \approx 350 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2},$$

где нумерация слоев принята от поверхности пола вниз (см. рис. 6), сумма берется против нумерации по всем слоям от потолка нижнего этажа до звукоизоляционного слоя, округление производится с точностью 50 кг.

Для пола поверхностная плотность равна

$$m_2 = \rho_2\delta_2 + \rho_1\delta_1 = 800 \cdot 0.03 + 1800 \cdot 0.003 = 29.4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2},$$

где нумерация слоев принята от поверхности пола вниз, сумма берется против нумерации по всем слоям от звукоизоляционного слоя до поверхности пола.

По таблице 18 СП 23-103-2003 находим индекс приведенного уровня ударного шума для несущей плиты перекрытия $L_{nw0} = 78$ дБ.

Частота колебаний пола определялась по формуле (13) СП 23-103-2003

$$f_0 = 0.16\sqrt{\frac{E_d}{d(1-\varepsilon)m_2}},$$

где $E_d = 2 \cdot 10^5$ Па — динамический модуль упругости материала звукоизоляционного слоя, определяемый по таблице 16 СП 23-103-2003;
 $d = 0.02$ м — толщина звукоизоляционного слоя в необжатом состоянии;
 $\varepsilon = 0.05$ — относительное сжатие звукоизоляционного слоя, определяемое по таблице 16 СП 23-103-2003.

$$f_0 = 0.16\sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{0.02 \cdot (1 - 0.05) \cdot 29.4}} = 95.74 \approx 100 \text{ Гц}.$$

Округление частоты произведено до ближайшего значения, приведенного в колонке " f_0 , Гц", таблицы 17 СП 23-103-2003 для покрытия пола на монолитной стяжке или сборных плитах. Поверхностная плотность пола была предварительно округлена до ближайшего

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	СП 23-103-2003.								
			$f_0 = 0.16 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^5}{0.02 \cdot (1 - 0.05) \cdot 29.4}} = 95.74 \approx 100 \text{ Гц.}$								
			Округление частоты произведено до ближайшего значения, приведенного в колонке " f_0 , Гц", таблицы 17 СП 23-103-2003 для покрытия пола на монолитной стяжке или сборных плитах. Поверхностная плотность пола была предварительно округлена до ближайшего								
						СР.111222333 ПЗ				Лист	
										31	
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата						

значения $m_2 = 30 \text{ кг/м}^2$, так как из списка, представленного в таблице 17 СП 23-103-2003: $m_2 = 30, 60, 120 \text{ кг/м}^2$, оно является ближайшим.

Индекс приведенного ударного шума под перекрытием согласно таблице 17 СП 23-103-2003 равен $L_{nw} = 52 \text{ дБ}$, что соответствует требованиям СП 23-103-2003 для домов категории "А".

7 Защита от внешнего шума

7.1 Определение звукоизоляции окна

Величина звукоизоляции окна определяется согласно п. 2.3 СП 23-103-2003 с использованием частотной характеристики изоляции воздушного шума окном, полученной на основании эксперимента и представленной производителем окон, и эталонного спектра шума потока городского транспорта, скорректированного по кривой частотной коррекции "А".

Величина звукоизоляции окна $R_{\text{Атран}}$, дБА определялась по формуле

$$R_{\text{Атран}} = 75 - 10 \lg \sum_{i=1}^{16} 10^{0.1(L_i - R_i)},$$

где сумма берется по всем третьоктавным частотам от 100 до 3150 Гц;
 L_i — уровни звукового давления эталонного спектра шума городского транспорта, скорректированные по шкале "А", дБА, принимаются по таблице 7 СП 23-103-2003;
 R_i — частотная характеристика изоляции воздушного шума окном, представленная производителем, дБ;
округление производится до ближайшего целого числа.

$$\begin{aligned} R_{\text{Атран}} &= 75 - 10 \lg(10^{0.1 \cdot (55-22)} + 10^{0.1 \cdot (55-24)} + 10^{0.1 \cdot (57-25)} + 10^{0.1 \cdot (59-24)} + 10^{0.1 \cdot (60-21)} + \\ &+ 10^{0.1 \cdot (61-24)} + 10^{0.1 \cdot (62-24)} + 10^{0.1 \cdot (63-25)} + 10^{0.1 \cdot (64-29)} + 10^{0.1 \cdot (66-30)} + 10^{0.1 \cdot (67-31)} + \\ &+ 10^{0.1 \cdot (66-32)} + 10^{0.1 \cdot (65-32)} + 10^{0.1 \cdot (64-30)} + 10^{0.1 \cdot (62-29)} + 10^{0.1 \cdot (60-27)}) = \\ &= 28 \text{ дБ}. \end{aligned}$$

Величина звукоизоляции окна составляет $R_{\text{Атран}} = 28 \text{ дБА}$.

7.2 Определение уровня шума, проникающего в здание

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	$R_{\text{Атран}} = 75 - 10 \lg(10^{0.1 \cdot (55-22)} + 10^{0.1 \cdot (55-24)} + 10^{0.1 \cdot (57-25)} + 10^{0.1 \cdot (59-24)} + 10^{0.1 \cdot (60-21)} +$ $+ 10^{0.1 \cdot (61-24)} + 10^{0.1 \cdot (62-24)} + 10^{0.1 \cdot (63-25)} + 10^{0.1 \cdot (64-29)} + 10^{0.1 \cdot (66-30)} + 10^{0.1 \cdot (67-31)} +$ $+ 10^{0.1 \cdot (66-32)} + 10^{0.1 \cdot (65-32)} + 10^{0.1 \cdot (64-30)} + 10^{0.1 \cdot (62-29)} + 10^{0.1 \cdot (60-27)} =$ $= 28 \text{ дБ.}$ <p>Величина звукоизоляции окна составляет $R_{\text{Атран}} = 28 \text{ дБА.}$</p> <h3>7.2 Определение уровня шума, проникающего в здание</h3>						
			<div>СР.111222333 ПЗ</div>						Лист
									32
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата				

7.2.1 План коттеджного поселка представлен на рис. 10. Каждый коттедж расположен на прямоугольном участке площадью 12 соток (30 х 40 м). Фасады коттеджей находятся на расстоянии 8 м от края участка, примыкающего к подъездной дороге.

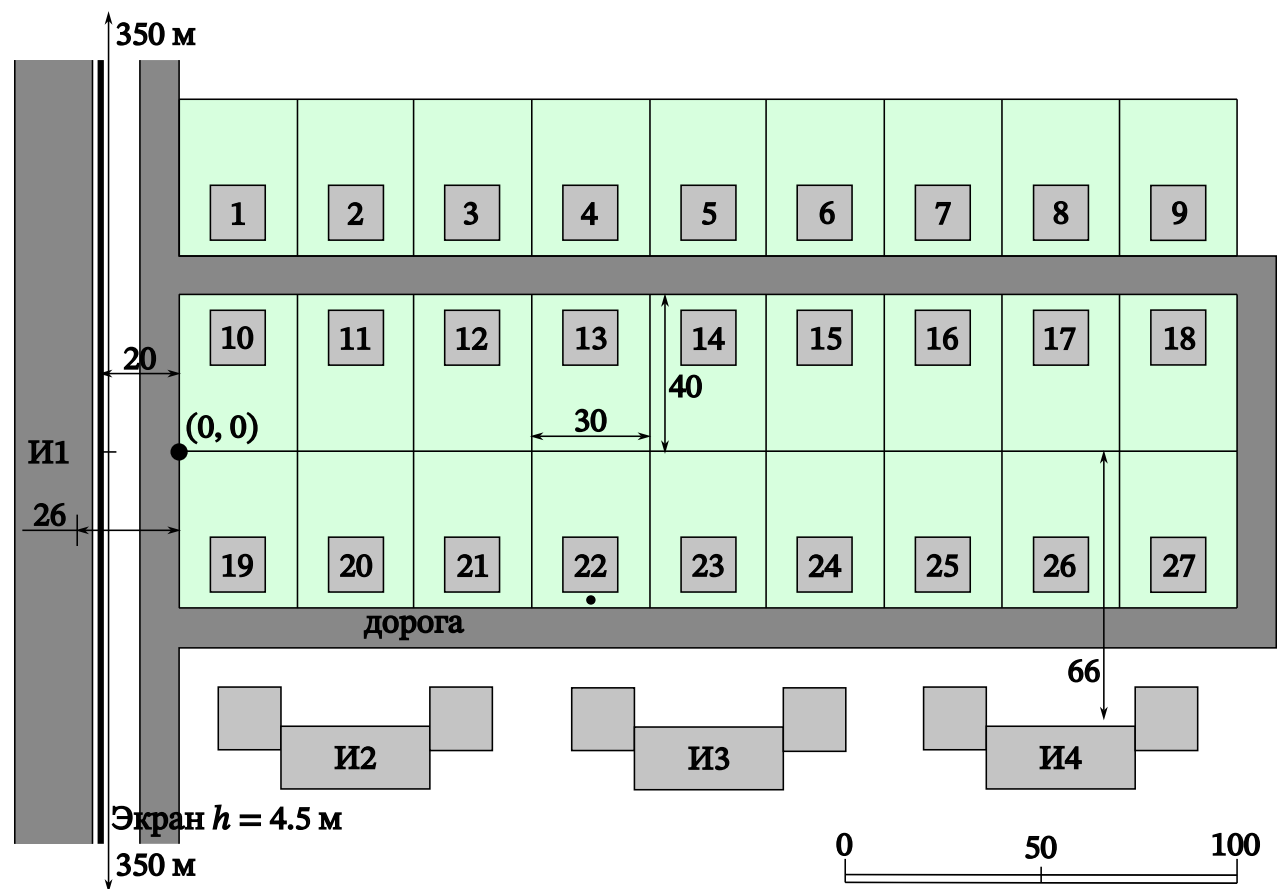


Рисунок 10 — План застройки коттеджного поселка

Цифрами обозначены коттеджи. Расчетный коттедж имеет номер 22. Расчетная точка для определения ожидаемого шума показана на рис. 10 черной точкой возле коттеджа. Абсциссы и ординаты расчетных точек, источников шума и других отсчитываются от начальной точки с координатами (0, 0), показаной на рисунке.

В коттеджном поселке присутствуют несколько источников шума.

- 1) Шестиполосная автомобильная дорога (линейный источник И1), середина крайней правой полосы которой находится на 26 метров левее начальной точки. Разрешенная скорость движения 90 км/ч. Интенсивность движения по каждой полосе составляет 1000 ед./ч. Доля грузового и пассажирского транспорта 20%. Покрытие дороги — асфальтобетон. На обочине дороги установлен шумозащитный экран высотой 4.5 м

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №								Лист 33
			Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

длиной 700 м (по 350 м в обе стороны от начальной точки). Расстояние от середины ближней к поселку полосы до экрана составляет 6 м.

- 2) Погрузочно-разгрузочные зоны магазинов (точечные источники И2, И3, И4). Расстояние от оси абсцисс до точек погрузки-разгрузки составляет 66 м. Шум рассчитывается только для ближайшего к коттеджу магазина. Источник И2 — погрузка-разгрузка мясных товаров. Источник И3 — погрузка-разгрузка вино-водочных товаров и соков. Источник И4 — погрузка-разгрузка молочных товаров.

7.2.2 Расчетная точка принимается по центру светопрозрачной конструкции (окна) на расстоянии 2 м от фасада здания. Примем расчетную точку на уровне первого этажа здания. Абсцисса расчетной равна 105 м (по горизонтали от начальной точки до расчетной находятся 3 участка коттеджей №№ 19, 20, 21, шириной по 30 м каждый, и половина участка коттеджа № 22; $3 \cdot 30 + 15 = 105$ м). Ордината расчетной точки равна –34 м (положительное направление оси Y принято вверх; высота участка 40 м, от края участка до фасада 8 м, от фасада до расчетной точки 2 м; $-40 + 8 - 2 = -34$ м). Аппликата (координата Z) расчетной точки равна 2.5 м (сумма высоты подполья, высоты подоконника 0.8 м и половины высоты окна 0.7 м).

Координаты расчетной точки равны (в метрах) $r_p = (105, -34, 2.5)$.

7.2.3 Источник шума И1 (автомобильная дорога) является линейным источником шума и характеризуется четырьмя величинами: координатами, средним уровнем шума, максимальным уровнем шума и опорным расстоянием.

Для определения координат линейного источника шума из расчетной точки опускаем перпендикуляр к линейному источнику (см. рис. 11). Высота источника шума для автомобильной дороги принимается равной 1 м. Координаты источника шума И1 равны (в метрах) $r_{И1} = (-26, -34, 1)$.

Средний уровень шума автомобильной дороги (дБА) определяется по формуле

$$L_{\text{ср,И1}} = 9.51 \lg N + 12.64 \lg v + 7.98 \lg(1 + p) + 11.39 + \Delta L_{\text{п}} + \Delta L_{\text{y}} + \Delta L_{\text{p}},$$

где $N = 6 \cdot 1000 = 6000$ ед./ч — интенсивность движения транспорта по всем полосам;

$v = 90$ км/ч — максимальная разрешенная скорость движения по полосам;

$p = 0.2$ — доля грузового и пассажирского транспорта в долях от единицы;

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

						СР111222333 ПЗ	Лист
							34
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

$\Delta L_{\text{п}} = 1.5 \text{ дБА}$ — поправка на покрытие дороги (принято значение для асфальтобетонного покрытия и доли легкового транспорта 80%);

$\Delta L_{\text{у}} = 0 \text{ дБА}$ — поправка на уклон дороги (принято отсутствие уклона);

$\Delta L_{\text{р}} = 0 \text{ дБА}$ — поправка на регулирование движения и наличие светофоров (принято отсутствие светофоров).

$$L_{\text{ср,И1}} = 9.51 \lg 6000 + 12.64 \lg 90 + 7.98 \lg(1 + 0.2) + 11.39 + 1.5 + 0 + 0 = 74.2 \text{ дБА}.$$

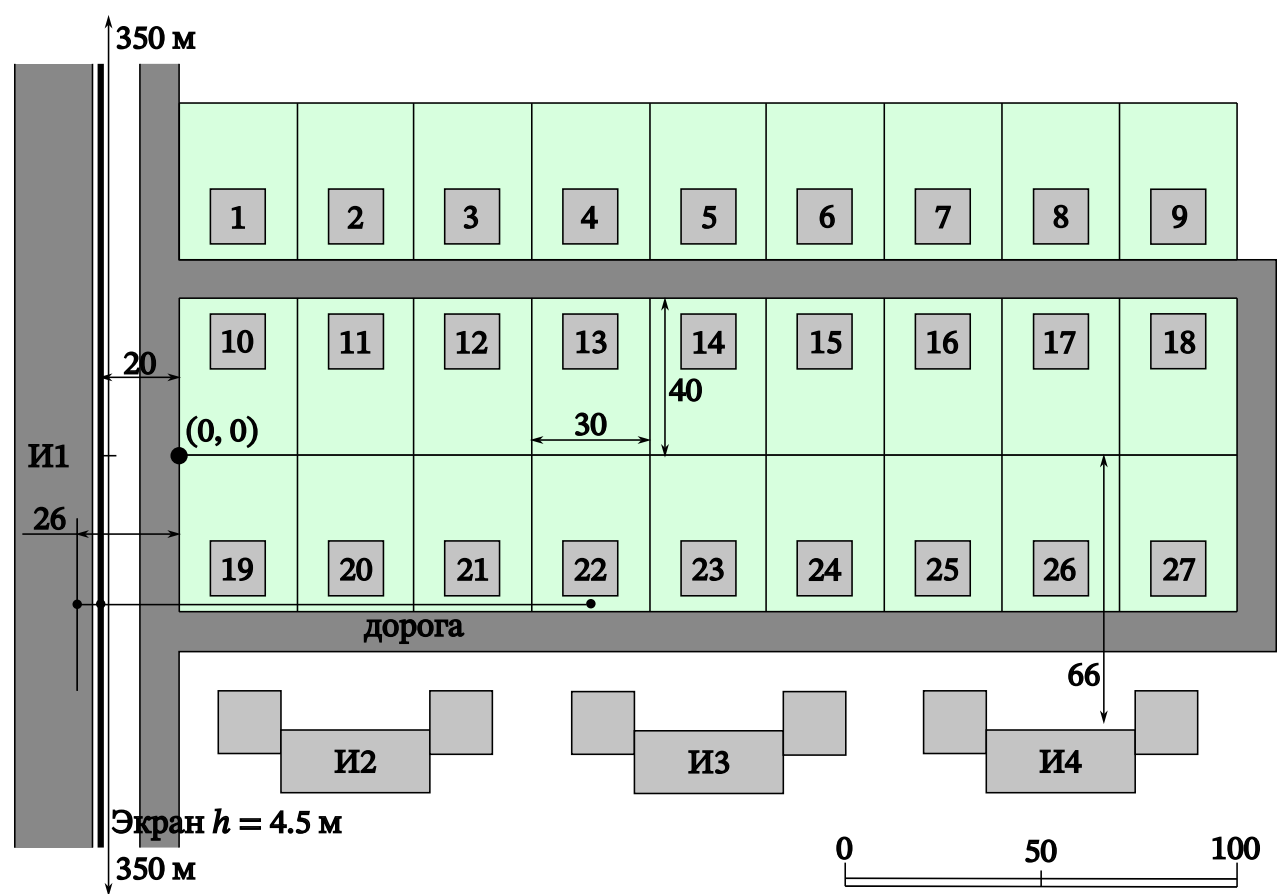


Рисунок 11 — Определение координат линейного источника шума (автомобильной дороги)

Максимальный уровень шума автомобильной дороги (дБА) при наличии в потоке грузового и пассажирского транспорта определяется по формуле

$$L_{\text{макс,И1}} = 80 + 32 \lg\left(\frac{v}{50}\right) + \Delta L_{\text{п}} + \Delta L_{\text{у}} + \Delta L_{\text{р}}.$$

$$L_{\text{макс,И1}} = 80 + 32 \lg\left(\frac{90}{50}\right) + 1.5 + 0 + 0 = 89.7 \text{ дБА}.$$

Опорное расстояние для автомобильной дороги принимается равным $r_{0,\text{И1}} = 7.5 \text{ м}$.

Взам. инв. №		Максимальный уровень шума автомобильной дороги (дБА) при наличии в потоке грузового и пассажирского транспорта определяется по формуле					
Подп. и дата		$L_{\text{макс,И1}} = 80 + 32 \lg\left(\frac{v}{50}\right) + \Delta L_{\text{п}} + \Delta L_{\text{y}} + \Delta L_{\text{p}}.$ $L_{\text{макс,И1}} = 80 + 32 \lg\left(\frac{90}{50}\right) + 1.5 + 0 + 0 = 89.7 \text{ дБА}.$					
Инв. № подл.		Опорное расстояние для автомобильной дороги принимается равным $r_{0,\text{И1}} = 7.5 \text{ м}.$					
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	СР.111222333 ПЗ	Лист
							35

7.2.4 Источник шума ИЗ (погрузочно-разгрузочная площадка вино-водочных товаров и соков) является точечным источником шума и характеризуется четырьмя величинами: координатами, средним уровнем шума, максимальным уровнем шума и опорным расстоянием. В качестве источника шума выбран ближайший к расчетной точке магазин.

Источник шума ИЗ находится напротив коттеджа № 23, поэтому его абсцисса равна $4 \cdot 30 + 15 = 135$ м. Ордината источника шума ИЗ равна -66 м (см. рис. 11). Высота источника шума для площадки погрузки-разгрузки принимается равной 1 м. Координаты источника шума ИЗ равны (в метрах) $r_{ИЗ} = (135, -66, 1)$.

Средний уровень шума площадки погрузки-разгрузки вино-водочных товаров и соков $L_{ср,ИЗ} = 72$ дБА. Максимальный уровень шума площадки погрузки-разгрузки вино-водочных товаров и соков $L_{макс,ИЗ} = 89$ дБА. Опорное расстояние для площадки погрузки-разгрузки принимается равным $r_{0,ИЗ} = 5$ м.

7.2.5 Ожидаемый уровень шума от линейного источника И1 в расчетной точке определялся по формуле

$$L_{A2} = L_{И1} + \Delta L_{отр} - \Delta L_{рас} - \Delta L_{в,т} - \Delta L_{пок} - \Delta L_{зел} - \Delta L_{\alpha} - \Delta L_{экр},$$

- где $L_{И1}$ — средний или максимальный уровень шума в источнике, дБА;
- $\Delta L_{отр} = 3$ дБ — увеличение уровня шума за счет отражений от построек;
- $\Delta L_{рас}$ — уменьшение уровня шума от расстояния, дБ;
- $\Delta L_{в,т}$ — уменьшение уровня шума от ветра и турбулентности, дБ;
- $\Delta L_{пок}$ — уменьшение уровня шума за счет поглощения рыхлым покрытием, дБ;
- $\Delta L_{зел}$ — уменьшение уровня шума за счет поглощения зелеными насаждениями, дБ;
- ΔL_{α} — уменьшение уровня шума из-за ограничения угла видимости источника, дБ;
- $\Delta L_{экр}$ — уменьшение уровня шума за счет экрана, дБ.

Уменьшение шума за счет расстояния определялось по формуле

$$\Delta L_{рас} = 10 \lg \frac{r}{r_0},$$

- где r_0 — опорное расстояние источника шума, м;
- r — расстояние между источником и расчетной точкой, которое определяется согласно трехмерной теореме Пифагора.

Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

						СР.111222333 ПЗ	Лист
							36
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

Расстояние между источником И1 и расчетной точкой равно

$$r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

$$r = \sqrt{(-26 - (105))^2 + (-34 - (-34))^2 + (1 - (2.5))^2} = 131.009 \text{ м.}$$

Уменьшение шума за счет расстояния равно

$$\Delta L_{\text{рас}} = 10 \lg \frac{131.009}{7.5} = 12.4 \text{ дБ.}$$

Уменьшение шума за счет ветра и турбулентности определялось по формуле

$$\Delta L_{\text{в,т}} = \frac{3}{1.6 + \frac{10^5}{r^2}} = \frac{3}{1.6 + \frac{10^5}{131.009^2}} = 0.4 \text{ дБ.}$$

Уменьшение шума за счет его прохождения над акустически рыхлым покрытием, за счет зеленых насаждений и за счет ограничения угла видимости принималось равным нулю из-за их отсутствия $\Delta L_{\text{пок}} = 0 \text{ дБ}$, $\Delta L_{\text{зел}} = 0 \text{ дБ}$, $\Delta L_{\alpha} = 0 \text{ дБ}$.

Уменьшение шума за счет действия экрана определялось следующим образом. При движении шума по огибающей через верхнюю кромку экрана длина прохождения шума состоит из двух отрезков: 1) o_1 от источника шума с координатами $(-26, -34, 1) \text{ м}$ до верхней кромки экрана с координатами $(-20, -34, 4.5) \text{ м}$; 2) o_2 от верхней кромки экрана до расчетной точки с координатами $(105, -34, 2.5) \text{ м}$. Длина отрезка o_1

$$o_1 = \sqrt{(-26 - (-20))^2 + (-34 - (-34))^2 + (1 - (4.5))^2} = 6.946 \text{ м.}$$

Длина отрезка o_2

$$o_2 = \sqrt{(-20 - (105))^2 + (-34 - (-34))^2 + (4.5 - (2.5))^2} = 125.016 \text{ м.}$$

Суммарная длина огибающей шума через верхнюю кромку экрана o

$$o = o_1 + o_2 = 6.946 + 125.016 = 131.962 \text{ м.}$$

Увеличение пути движения шума при огибании экрана δ равно

$$\delta = o - r = 131.962 - 131.009 = 0.953 \text{ м.}$$

Шумозащитные свойства экрана бесконечной длины равны

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Суммарная длина огибающей шума через верхнюю кромку экрана o					
			$o = o_1 + o_2 = 6.946 + 125.016 = 131.962 \text{ м.}$					
			Увеличение пути движения шума при огибании экрана δ равно					
			$\delta = o - r = 131.962 - 131.009 = 0.953 \text{ м.}$					
			Шумозащитные свойства экрана бесконечной длины равны					

$$\Delta L_{\text{рас}} = 20 \lg \frac{r}{r_0},$$

где r_0 — опорное расстояние источника шума, м;

r — расстояние между источником и расчетной точкой, которое определяется согласно трехмерной теореме Пифагора.

Расстояние между источником ИЗ и расчетной точкой равно

$$r = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

$$r = \sqrt{(135 - (105))^2 + (-66 - (-34))^2 + (1 - (2.5))^2} = 43.889 \text{ м.}$$

Уменьшение шума за счет расстояния равно

$$\Delta L_{\text{рас}} = 20 \lg \frac{43.889}{5} = 18.9 \text{ дБ.}$$

Уменьшение шума за счет ветра и турбулентности определялось по формуле

$$\Delta L_{\text{в,т}} = \frac{3}{1.6 + \frac{10^5}{r^2}} = \frac{3}{1.6 + \frac{10^5}{43.889^2}} = 0.1 \text{ дБ.}$$

Уменьшение шума за счет его прохождения над акустически рыхлым покрытием, за счет зеленых насаждений и за счет препятствия между источником и расчетной точкой принималось равным нулю из-за их отсутствия $\Delta L_{\text{пок}} = 0 \text{ дБ}$, $\Delta L_{\text{зел}} = 0 \text{ дБ}$, $\Delta L_{\text{преп}} = 0 \text{ дБ}$.

Средний уровень шума от точечного источника ИЗ в расчетной точке равен

$$L_{\text{ср,ИЗ,А2}} = 72 + 3 - 18.9 - 0.1 - 0 - 0 - 0 = 56 \text{ дБА.}$$

Максимальный уровень шума от точечного источника ИЗ в расчетной точке равен

$$L_{\text{макс,ИЗ,А2}} = 89 + 3 - 18.9 - 0.1 - 0 - 0 - 0 = 73 \text{ дБА.}$$

7.2.7 Уровень шума в расчетной точке определялся с помощью энергетического суммирования по формуле

$$L_{A2} = 10 \lg(10^{0.1L_{A2,1}} + \dots + 10^{0.1L_{A2,n}}),$$

Взам. инв. №		$L_{\text{макс,ИЗ,А2}} = 89 + 3 - 18.9 - 0.1 - 0 - 0 - 0 = 73 \text{ дБА.}$							
Подп. и дата		7.2.7 Уровень шума в расчетной точке определялся с помощью энергетического суммирования по формуле							
Инв. № подл.		$L_{A2} = 10 \lg(10^{0.1L_{A2,1}} + \dots + 10^{0.1L_{A2,n}}),$							
								СР.111222333 ПЗ	Лист
									40
		Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата		

$L_{A2,1}, \dots, L_{A2,n}$ — средние или максимальные уровни шума от источников в расчетной точке.

$$L_{\text{cp,A2}} = 10 \lg(10^{0.1 \cdot 57.8} + 10^{0.1 \cdot 56}) = 60 \text{ дБА.}$$
$$L_{\text{макс.А2}} = 10 \lg(10^{0.1 \cdot 73.3} + 10^{0.1 \cdot 73}) = 76.2 \text{ дБА.}$$
$$L_{AЭKB} = L_{cp,A2} - R_{AТран} - 5,$$

$R_{\text{Атран}}$ — величина звукоизоляции транспортного шума окном (см. Раздел 7.1), дБА.

$$L_{A_{\text{ЭКВ}}} = 60 - 28 - 5 = 27 \text{ дБА.}$$

$$L_{A\text{макс}} = L_{\text{макс},A2} - R_{A\text{тран}} - 5,$$
$$L_{A_{\text{макс}}} = 76.2 - 28 - 5 = 43.2 \text{ дБА.}$$

Согласно таблице 1 СП 51.13330.2011 в жилых комнатах квартир и домов средний эквивалентный уровень проникающего шума должен составлять не более 40 дБА, максимальный уровень проникающего шума должен составлять не более 55 дБА. При закрытых окнах оба требования СП 51.13330.2011 выполнены, дополнительные шумозащитные мероприятия не требуются. Когда окна приоткрыты на режим проветривания, звукоизоляция транспортного шума окном уменьшается до $R_{\text{Атран}} = 8$ дБ. Для выполнения нормативов по шумоизоляции рекомендуется устройство механической приточно-вытяжной вентиляции или открывание окон для проветривания с наименее шумной стороны коттеджа.

Взам. инв. №		<p>лентный уровень проникающего шума должен составлять не более 40 дБА, максимальный уровень проникающего шума должен составлять не более 55 дБА. При закрытых окнах оба требования СП 51.13330.2011 выполнены, дополнительные шумозащитные мероприятия не требуются. Когда окна приоткрыты на режим проветривания, звукоизоляция транспортного шума окном уменьшается до $R_{\text{Атран}} = 8$ дБ. Для выполнения нормативов по шумоизоляции рекомендуется устройство механической приточно-вытяжной вентиляции или открывание окон для проветривания с наименее шумной стороны коттеджа.</p>					
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	СР.111222333 ПЗ	Лист
							41

8 Естественное освещение помещений здания

Расчет естественного освещения выполнен для двух жилых комнат коттеджа. Гостиная комната на первом этаже с двумя окнами: одно размерами 2.1 x 1.45 м и одно размерами 1.35 x 1.45 м. Размеры гостиной 5.9 x 5.2 м, высота 3 м. Спальня на втором этаже с одним окном 1.35 x 1.45 м. Размеры спальни 4.6 x 4.2 м, высота 3 м.

Расположение противостоящих зданий было принято согласно плану коттеджного поселка (см. рис. 10).

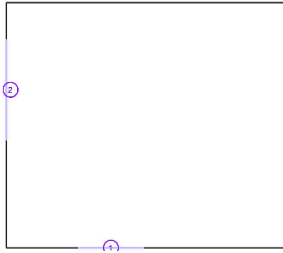
Расчет произведен в программе DIALux 4.13. Расчетные точки принимались в центре комнат на уровне пола и на расстоянии 1 м от стены, противоположной окну на уровне пола.

При расчете были приняты следующие коэффициенты, входящие в формулу для расчета коэффициента естественной освещенности при боковом освещении. Средний коэффициент отражения фасада противостоящих зданий был принят 0.41 (серый бетон, светло-серая фасадная краска, светлые породы мрамора). Коэффициент светового климата был принят равным $C_N = 1.11$ (вторая группа административных районов). Коэффициент эксплуатации принят равным $MF = 0.83$ (помещения жилых зданий с нормальными условиями среды). Коэффициент пропускания материала окна $\tau_1 = 0.8$ (стеклопакет). Коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема, $\tau_2 = 0.75$ (деревянные спаренные, переплеты ПВХ в таблице Б.7 СП 23-102-2003 отсутствуют). Коэффициенты τ_3 , τ_4 и τ_5 , учитывающие потери в несущих конструкциях, солнцезащитных устройствах, защитной сетке приняты равными единице из-за отсутствия или возможности их регулирования (шторы, жалюзи). Расчетное значение средневзвешенного коэффициента отражения внутренних поверхностей принято равным 0.55 (жилое здание).

На рис. 13 – 16 приведены расположение светопрозрачных конструкций в комнате, расположение окружающих зданий, значение КЕО в расчетных точках, изолинии значения КЕО.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	отражения внутренних поверхностей принято равным 0.55 (жилое здание).						
			На рис. 13 – 16 приведены расположение светопрозрачных конструкций в комнате,						
			расположение окружающих зданий, значение КЕО в расчетных точках, изолинии значе-						
			ния КЕО.						
							СП.111222333 ПЗ		Лист
									42
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата				

Окно



№	Позиция [m]			L	Величина [m]		Вращение [°]		
	X	Y	Z		B	H	X	Y	Z
1	2.225	0.000	0.800	/	1.350	1.450	/	/	/
2	0.000	3.350	0.800	/	2.100	1.450	/	/	/

Рисунок 13 — Гостиная. Расположение светопрозрачных конструкций

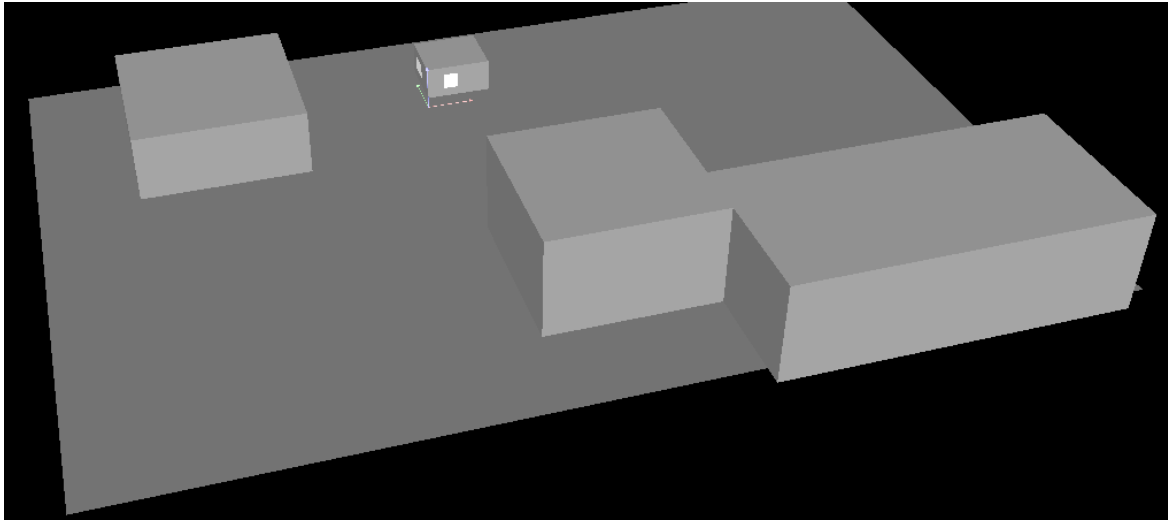
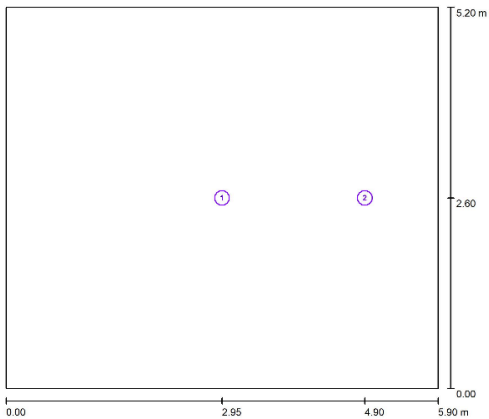


Рисунок 14 — Гостиная. Расположение окружающих объектов



Масштаб 1 : 43

Список расчетных точек

№	Обозначение	Позиция [m]			Вращение [°]			Значение [%]
		X	Y	Z	X	Y	Z	
1	Коэффициент естественной освещенности 1	2.950	2.600	0.000	0.0	0.0	0.0	3.22
2	Коэффициент естественной освещенности 2	4.900	2.600	0.750	0.0	0.0	0.0	1.13

Сводка результатов: $D_{\text{фр}}: 2.18\%$, $D_{\text{мин}}: 1.13\%$, $D_{\text{макс}}: 3.22\%$
Горизонтальная освещенность под открытым небом $E_{\text{св}}: 11527 \text{ lx}$

Рисунок 15 — Гостиная. Значение КЕО e_p в расчетных точках

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата

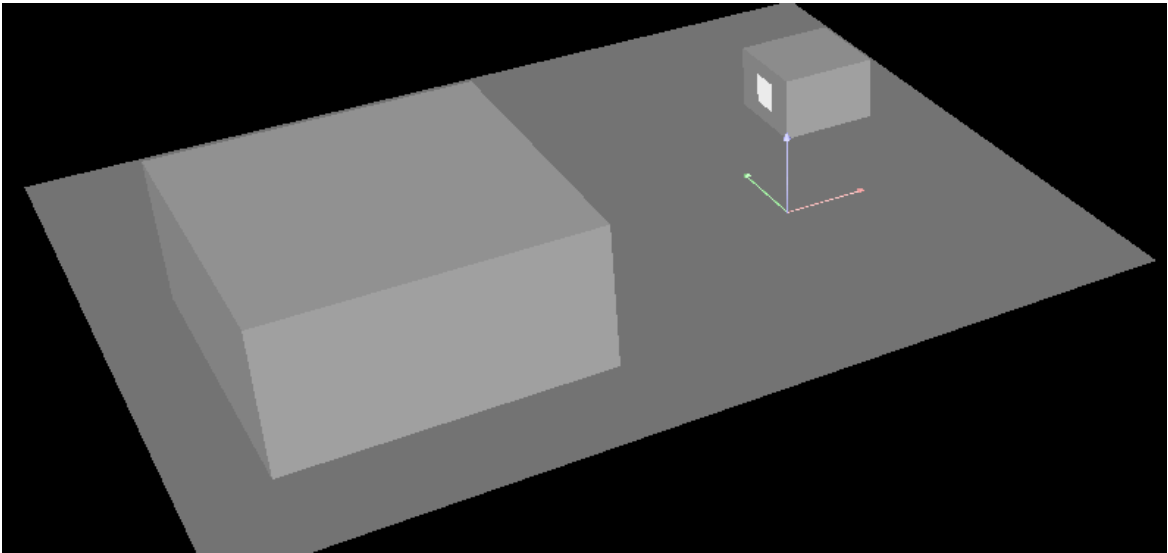
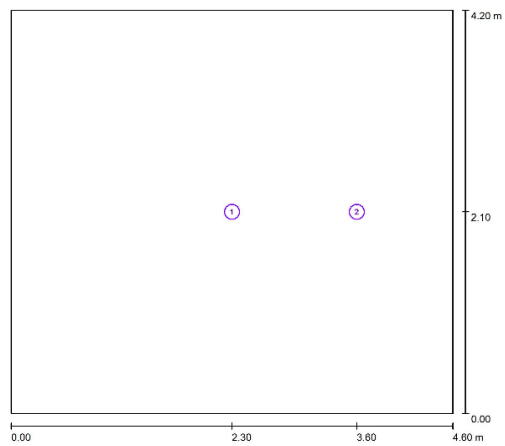


Рисунок 18 — Спальня. Расположение окружающих объектов



Масштаб 1 : 33

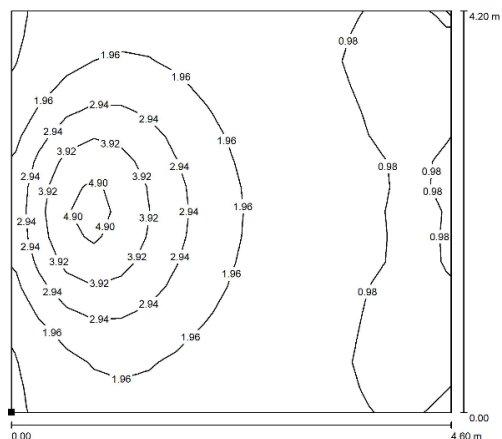
Список расчетных точек

№	Обозначение	Позиция [m]			Вращение [°]			Значение [%]
		X	Y	Z	X	Y	Z	
1	Коэффициент естественной освещённости 1	2.300	2.100	0.000	0.0	0.0	0.0	2.10
2	Коэффициент естественной освещённости 2	3.600	2.100	0.000	0.0	0.0	0.0	1.14

Сводка результатов: $D_{\text{ср}}$: 1.62 %, D_{min} : 1.14 %, D_{max} : 2.10 %
Горизонтальная освещённость под открытым небом $E_{\text{с}}$: 11527 lx

Рисунок 19 — Спальня. Значение КЕО e_p в расчетных точках

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №
Изм.	Кол.уч	Лист
№ док.	Подп.	Дата



Расположение поверхности в помещении:
Выделенная точка: (0.000 m, 0.000 m, 0.000 m)



Масштаб 1 : 33

Растр: 16 x 16 Точки

$D_{\text{ср}}$ [%]
1.88

D_{min} [%]
0.82

D_{max} [%]
5.71

$D_{\text{min}} / D_{\text{ср}}$
0.437

$D_{\text{min}} / D_{\text{max}}$
0.144

Горизонтальная освещенность под открытым небом E_z : 11527 lx

Рисунок 20 — Спальня. Изолинии значения КЕО e_p

Согласно таблице Л.1 Приложения Л СП 52.13330.2016 нормативное значение КЕО $e_n = 0.5\%$ должно наблюдаться на уровне пола на расстоянии 1 м от стены, противоположной окну, хотя бы в одной жилой комнате. На рис. 15 и 19 видно, что в расчетной точке 2 значение КЕО равно $e_p = 1.13\%$ для гостиной и $e_p = 1.14\%$ для спальни комнаты. Требования СП 52.13330.2016 выполнены в обеих жилых комнатах.

Список литературы

1. ГОСТ Р 21.1101-2013 СПДС. Основные требования к проектной и рабочей документации
2. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях
3. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий
4. СП 131.13330.2012 Строительная климатология
5. СП 51.13330.2011 «СНиП 23-03-2003. Защита от шума»
6. СП 23-103-2003 Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий
7. СП 276.1325800.2016 Здания и территории. Правила проектирования защиты от шума транспортных потоков
8. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение
9. СП 23-102-2003 Естественное освещение жилых и общественных зданий

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №				
Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подп.	Дата	
CP.111222333 ПЗ						Лист
						46