

УДК: 697.322
OECD: 02.01.FA

Расчет звукоизолирующего перекрытия в помещении крышной котельной жилого дома в городе Салехарде

Жилина Т.С.^{1*}, Плотников А.С.², Ощенко Д.Ю.³

¹ кандидат технических наук, доцент

² старший преподаватель

³ обучающийся 3 курса

^{1,2,3} кафедра инженерных систем и сооружений, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, РФ

Аннотация

В данной статье авторами рассмотрен способ снижения уровня шума от инженерного оборудования крышной котельной. Место расположения котельной – жилой шестиэтажный дом в городе Салехарде. Обозначена проблема обеспечения требуемой звукоизоляции помещения котельной и выявлены основные характеристики, влияющие на данную величину. Рассмотрено негативное влияние шума на здоровье человека. Определены параметры микроклимата жилых помещений. Выполнены чертежи разреза помещения котельной и план расположения котельного оборудования. Обозначено инженерное оборудование крышной котельной, являющееся источником повышенного шума. Проведен расчет звукоизоляции конструкций. Определен индекс изоляции воздушного шума. Предложена конструкция перекрытия с расчетным обоснованием. Графически показано распределение расчетной частотной характеристики. Сформирован вывод о значимости защиты от шума жилых помещений в зданиях с крышными котельными.

Ключевые слова: звукоизоляция, крышная котельная, воздушный шум, индекс изоляции, частотная характеристика.

Calculation of soundproofing floors in the roof boiler room of a residential building in the city of Salekhard

Zhilina T.S.^{1}, Plotnikov A.S.², Oshchenko D.Yu.³*

¹ *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

² *Senior Lecturer*

³ *3rd year student*

^{1,2,3} *Department of Engineering Systems and Structures, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia*

Abstract

In this article, the authors consider a method for reducing the noise level from the engineering equipment of a rooftop boiler house. The location of the boiler house is a six-storey residential building in the city of Salekhard. The problem of providing the required sound insulation of the boiler room is indicated and the main characteristics influencing this value are revealed. The negative impact of noise on human health is considered. The parameters of the microclimate of residential premises have been determined. Drawings of the section of the boiler room and a plan of the location of the boiler equipment have been made. The engineering equipment of the rooftop boiler house, which is a source of increased noise, is indicated. The calculation of

sound insulation of structures was carried out. The airborne noise insulation index has been determined. A slab design with a design justification is proposed. The distribution of the design frequency response is graphically shown. A conclusion is made about the importance of noise protection of residential premises in buildings with rooftop boiler houses.

Keywords: *sound insulation, rooftop boiler house, air noise, insulation index, frequency response.*

Введение

Акустике жилых зданий до последнего времени не уделялось должного внимания. Контроль над соблюдением нормативных характеристик по акустике жилья практически отсутствовал. Делалось это сознательно, в целях экономии (иногда до 30% от стоимости строительного объекта). Существенным шагом, заставившим специалистов обращать внимание на вопросы, связанные с шумом от внутреннего инженерного оборудования, в том числе и на крышных котельных жилых зданий можно считать введение поправок в СП 51.13330.2011 «Защита от шума» [1].

Воздействие шума на человека определяется его уровнем и характеристиками, а также его спектром и временем воздействия. Немаловажным фактором является состояния здоровья человека и приспособляемость его организма, его индивидуальные особенности. Шум влияет на инициативу, мотивацию и настрой человека. Его воздействие повышает рабочую нагрузку из-за необходимости дополнительно концентрироваться, ввиду особенностей кратковременной памяти, и борьбы с сопутствующими раздражителями. При длительном действии шум вызывает изменения органа слуха и ухудшает нервную систему [2,3].

Сильный шум оказывает отрицательное влияние на организм человека, понижает его работоспособность, производительность труда, увеличивает вероятность неврозов и нервных заболеваний, ухудшает зрение, повышает предрасположенность к инфарктным заболеваниям, вызывает головные боли, усталость, является причиной снижения внимания и психологического сосредоточения на работе и увеличения времени реакции.

Шум переменной интенсивности (40-70 дБ) является более вредным, чем шум, который имеет постоянную интенсивность (80 дБ). Неожиданно возникающие шумы представляют большую опасность, так как они способны оказывать влияние на эффективность труда человека. Так, например, способность быстро и точно выполнять координированные движения снижает ритмически колеблющийся шум. Шум снижает остроту зрения, быстроту восприятия цвета, приводит к трудностям в оценке расстояния и места, нарушает восприятие визуальной информации. Производительность труда уменьшается на 5-12%. За счет снижения уровня шума на 20% можно достичь повышения производительности труда на 5-10%. Длительное воздействие шума интенсивностью около 90 дБ снижает производительность труда на 30-60%.

Шум влияет на качество сна, заболевания вегетативной системы, при уровне 60-80 дБ, а также человек становится раздражительным, нервным, тревожным, снижаются показатели зрения, происходит быстрое утомление. Еще длительное воздействие шума провоцирует гипертоническую болезнь, бессонницу, неправильный обмен веществ и снижается порог чувствительности нервных клеток.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [2] (с изменениями на 30 декабря 2022 года), таблицы 5.35 эквивалентные уровни звука не должны превышать 40 дБ в дневное время и, соответственно, 30 дБ в ночное.

1. Объект исследования

Для создания комфортных и безопасных условий проживания людей в домах на крышах устанавливаются котельные, способные дать необходимое количество тепла. Однако, вместе с этим котельные создают шум, который влияет на здоровье и самочувствие людей [4,5].

Объектом исследования является жилой многоквартирный 6-этажный дом.

Дом, на кровле которого располагается крышная котельная, находится в городе Салехарде, в восточном Микрорайоне.

Характеристика объекта исследования принята согласно СП 118.13330.2012* «Общественные здания и сооружения» [6]:

- 1.1. Класс ответственности здания – II (нормальный).
- 1.2. Огнестойкость здания – II.
- 1.3. Класс конструктивной пожарной опасности – С0
- 1.4. Класс функциональной пожарной опасности: – Ф 1.3
- 1.5. Характеристика условий строительства: – I климатический район (II подрайон)

Фасад исследуемого здания изображен на рисунке 1.

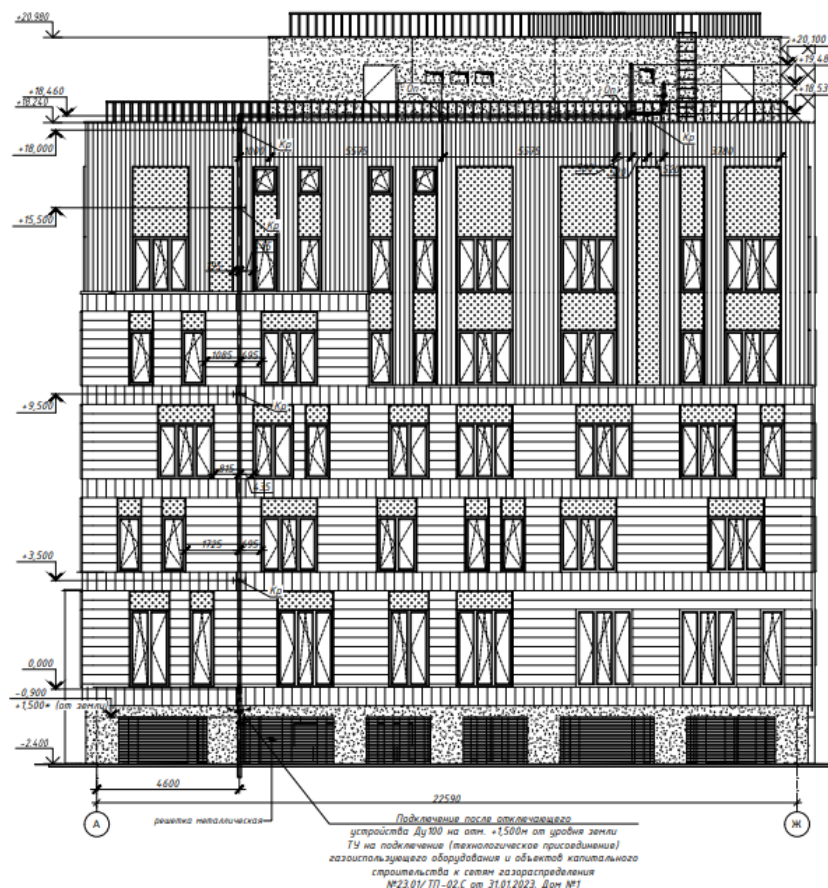


Рис. 1. Фасад здания

Климатические параметры района расположения здания принимаются согласно СП 131.13330.2020 «Строительная климатология» [7]:

Высота здания от уровня земли до низа проема верхнего этажа менее 50 м. Общая площадь квартир на этаже не превышает 500 м². Выход на кровлю жилого дома предусмотрен из лестничной клетки Л1.

Согласно п. 8.3 СП 54.13330.2011, лестничные марши и площадки оборудованы металлическими непрерывными ограждениями с поручнями высотой 1,2 м. Ограждение кровли принято высотой более 1,2 м. Остекленные двери лестничных клеток и тамбуров выполнены с применением армированного стекла.

Над жилыми этажами расположен технический этаж, разделенный герметичными перегородками на 2 отсека, каждый из которых оборудован общей вентиляционной шахтой. Теплоснабжение и горячее водоснабжение обеспечивается крышной котельной.

Крышная котельная представляет собой сооружение, расположенное на кровле здания; стены – кирпичная кладка, покрытие – монолитная железобетонная плита, в качестве легкобрасываемых конструкций используются оконные блоки, площадь проемов превышает 0.03 м^2 на 1 м^3 помещения крышной котельной.

Основной акустической задачей архитектурно-строительных мероприятий по защите помещений от шума является соблюдение нормативных требований по звукоизоляции помещений, нейтрализация основных источников шума от внутреннего инженерного оборудования технических помещений.

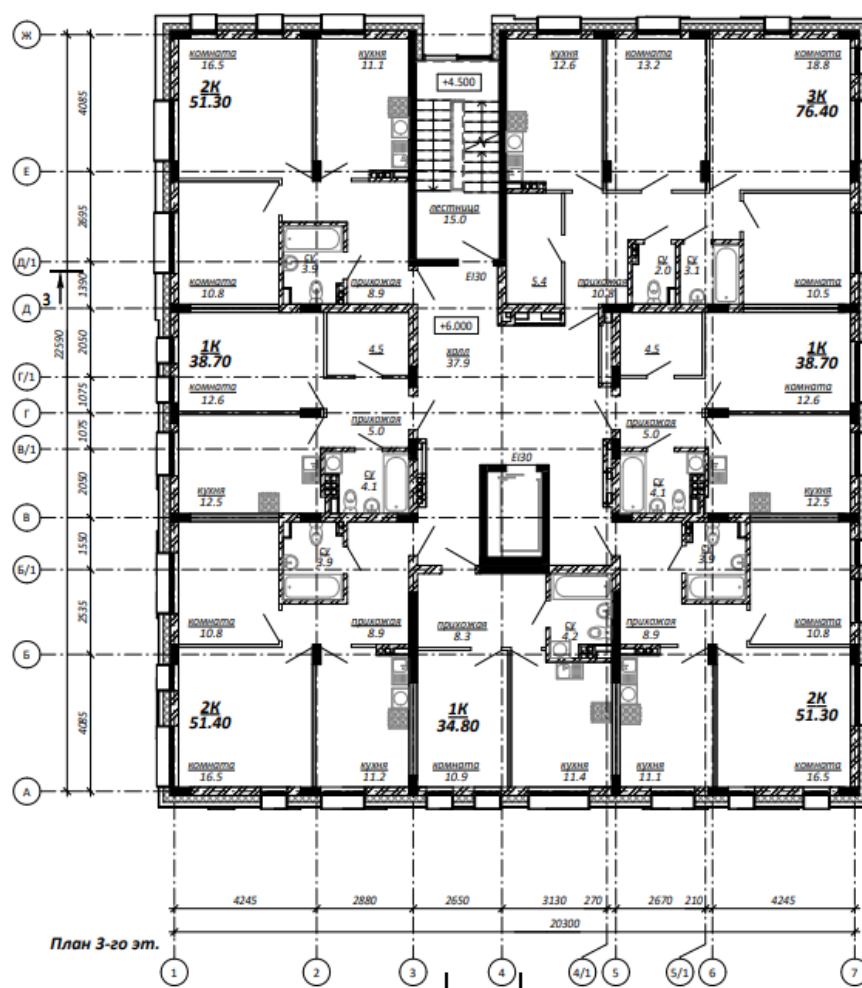


Рис. 2. План типового этажа

Определяем параметры микроклимата жилых помещений:

Параметры внутреннего воздуха выбираются по ГОСТ 30494–2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» [8].

Принимаем оптимальную температуру для расчетов по помещению жилой

комнаты, т.к. в ней человек будет проводить большее количество времени. Она принимается равной 22°C.

Котельная располагается на кровле здания.

В котельной установлены 4 котла Thermex Coloss SW 115, обеспечивающих дом горячей водой и отоплением по схеме: 2 котла в эксплуатации + 2 котла в резерве. Характеристики котла приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики котла Thermex Coloss SW 115

Тип котла	Энергозависимый
Режим работы	Отопление
Камера сгорания	Закрытая
Горелка	Модулируемая
Мах мощность	115
Min мощность	19
Мах давление отопит контура	6
Min давление отопит контура	0,8
Расширительный бак	Да
Циркуляционный насос	Да
Возможность подключения бойлера ГВС	Да
Тип теплообменника	Пластинчатый
Мах расход природного газа, м ³ /ч	11,2
Min расход природного газа, м ³ /ч	2,1
Габариты (ВхШхГ)	840x480x650 мм

Котел производится в России компанией Термекс в городе Тосно.

Список оборудования котельной:

- 4 котла Газтехпром Titan Z;
- 4 насоса для МСА 90/115 G=3,6 м³/ч, Н = 2,0 м эл. дв. мощностью 0,1 кВт, Grundfos;
- 4 насоса котловой G=4,1 м³/ч, Н = 3,0 м эл. дв. мощностью 0,1 кВт, Grundfos;
- 2 насоса сетевой G=8,4 м³/ч, Н = 8,0 м эл. дв. мощностью 0,403 кВт, Grundfos;
- 2 насоса рециркуляции ГВС G=1,7 м³/ч, Н = 5,7 м эл. дв. мощностью 0,2 кВт, Grundfos;
- 2 насоса на ГВС G=5,6 м³/ч, Н = 5,4 м эл. дв. мощностью 0,25 кВт, Grundfos;
- 2 насоса сетевой G=8,4 м³/ч, Н = 8,0 м эл. дв. мощностью 0,403 кВт, Grundfos;
- теплообменник пластинчатый, для приготовления горячей воды, Ридан;
- буферный бак для ГВС;
- бак запаса холодной воды;
- установка химической подготовки;
- мембранные баки;
- гидрострелки;
- система вывода дымовых газов;
- система нейтрализации конденсата;
- насос рециркуляции бака.

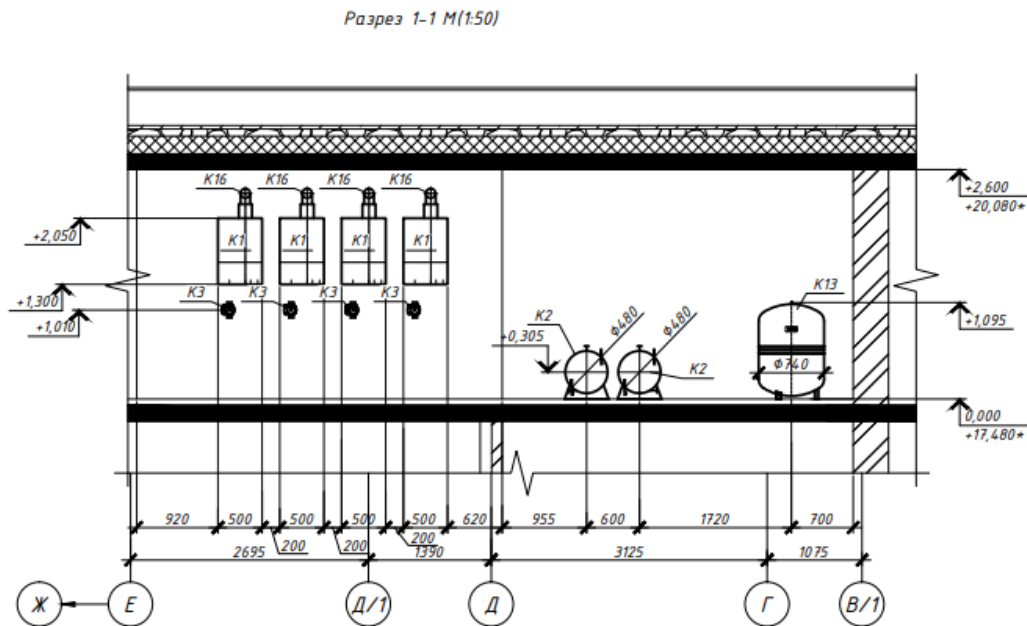


Рис. 3. Разрез помещения котельной

Проектируемая теплогенераторная предназначена для работы без постоянного пребывания обслуживающего персонала [9].

Также были учтены мероприятия по обеспечению безопасности теплогенераторной:

- тепловая изоляция оборудования;
- вращающиеся детали оборудования ограждены защитными кожухами;
- предусмотрено, кроме основного освещения, аварийное (освещение безопасности)

и ремонтное;

- выполнено заземление стальных коммуникаций;
- запроектирован контроль загазованности в помещении теплогенераторной.

План котельной представлен на рисунке 4.

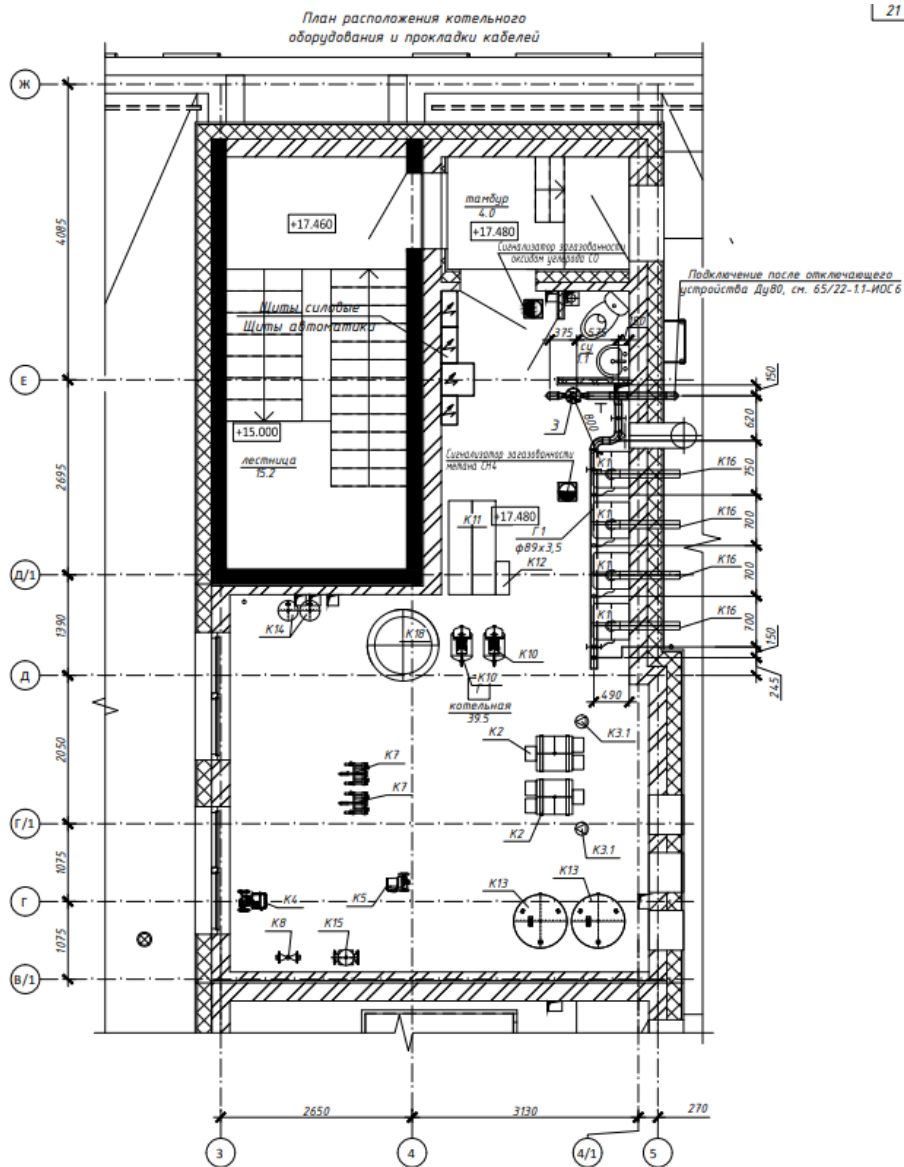


Рис. 4. План расположения котельного оборудования

2. Расчетная часть

Согласно СП 51.13330.2011 «Защита от шума» [10] п.4 защита в помещениях жилых и общественных зданий должна обеспечиваться:

- рациональным архитектурно-планировочным решением здания [11];
- применением ограждающих конструкций, обеспечивающих нормальную звукоизоляцию [12];
- использование звукопоглощающих облицовок [13];
- применение глушителей шума в системах принудительной вентиляции и кондиционирования воздуха;
- виброизоляцией инженерного и санитарно-технического оборудования [14,15].

Для того, чтобы обеспечить звукоизоляцию помещения котельной воспользуемся защитой с помощью применения ограждающих конструкций, обеспечивающих нормальную звукоизоляцию.

Уровень производимого шума 1 котлом равняется 61 дБ, в режиме максимальной нагрузки.

В котельной расположены 2 работающих котла, соответственно, шум который они производят будет больше.

Для того, чтобы рассчитать суммарный издаваемый шум воспользуемся формулой сложения шума двух работающих источников.

В нашем случае, так как издаваемый шум одинаковый у 2 источников, то рассчитываем следующим образом:

$$L_{\Sigma} = L_i + 10 \lg n$$

где L_{Σ} – суммарный уровень звука; L_i – уровень звука 1 источника; n – количество источников.

$$L_{\Sigma} = 61 + 10 \lg 2 = 64 \text{ дБ}$$

Далее необходимо определить требуемую изоляцию воздушного шума согласно СП 23-103-2003 «Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий» [10] и СП 51.13330.2011 Защита от шума [1].

$$R_{\text{тр}} = L_{\text{ш}} - 10 \lg B_{\text{и}} + 10 \lg S - 10 \lg k - L_{\text{доп}}$$

где $L_{\text{ш}}$ – октавный уровень звукового давления в помещении с источником шума на расстоянии 2 м от разделяющего помещения ограждения, дБ;

$B_{\text{и}}$ – акустическая постоянная изолируемого помещения, м

S – площадь разделяющего ограждения, м²

$L_{\text{доп}}$ – допустимый октавный уровень звукового давления, дБ;

k – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля.

$L_{\text{доп}}=30$ дБ, определяется согласно СП 23-103-2003, таблицы 1.

Также может определяться по СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [2] (с изменениями на 30 декабря 2022 года), таблицы 5.35.

Таблица 2

Допустимые нормы звукового давления и зафиксированные в здании (фрагмент)

Назначение помещения или территорий	Время суток, ч	Уровень звукового давления (эквивалентный уровень звукового давления) L, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука L_A (эквивалентный уровень $L_{Aэкв}$ дБА	Максимальный уровень звука L_{Amax} дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Нормативные значения												
8 Жилые комнаты квартир												
- в домах категории А	7.00-23.00	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
	23.00-7.00	69	51	39	31	24	20	17	14	13	25	40
- в домах категорий Б и В	7.00-23.00	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
	23.00-7.00	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
Зафиксированные значения в здании												
Тех.этаж		71	64	55,6	45,1	36,4	32,3	33,7	31,4	27,1	44	47
Жилые комнаты квартир		67	49	39	30	23	20	17	14	13	25	40

$$R_{тр} = 64 - 10lg6,96 + 10lg58 - 10lg1,25 - 30$$

$$R_{тр} = 42,24 \text{ дБ.}$$

Конструкция перекрытия между котельной и квартирами, расположенными ниже будет иметь следующую конструкцию:

Ж/б плита, плотностью 1800 кг/м^3 , толщина $0,22 \text{ м}$.

Звукоизоляционный материал – минераловатные каменные плиты Rockwool флор баттс с толщиной 20 мм .

Для того, чтобы определить индекс изоляции воздушного шума, необходимо построить график см. рис. 5.

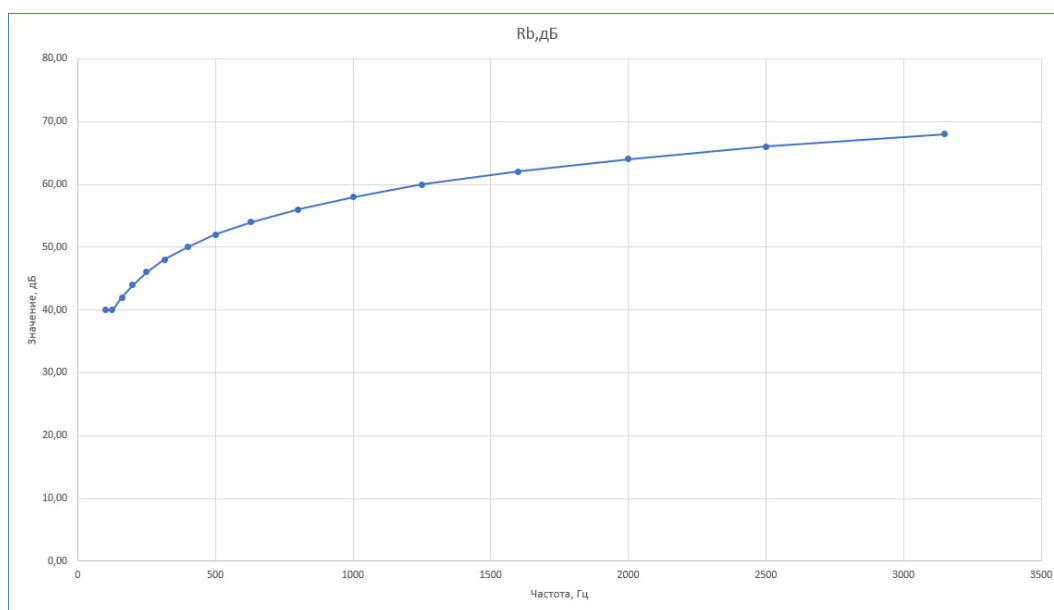


Рис. 5. График расчетной частотной характеристики

Абсцисса точки — f_B определяется согласно таблицы 8 СП 23-103-2003 «Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий» [10] и зависит от плотности используемого материала.

В предложенном конструктивном решении плотность бетона составляет 1800 кг/м^3 , значит, по таблице 8 принимаем:

$$f_B = \frac{29000}{h} = \frac{29000}{240} = 121 \text{ Гц}$$

где h — толщина ограждения в мм.

В соответствии с таблицей 9 СП 23-103-2003 округляем до указанного значения и получаем $f_B = 125 \text{ Гц}$

Ордината точки R_B определяется в зависимости от эквивалентной поверхностной плотности m_s по формуле

$$R_B = 20 \lg m_s - 12$$

$$m_s = k \times \sum m_i \text{ кг/м}^2$$

где m — поверхностная плотность слоя, кг/м^2 ;

k — коэффициент, учитывающий относительное увеличение изгибной жесткости ограждения.

$$m_s = 1,2 \times (396 + 2,2) \text{ кг/м}^2$$

$$m_s = 398,2 \text{ кг/м}^2$$

$$R_B = 20 \lg 398,2 - 12$$

$$R_B = 40 \text{ дБ}$$

Таблица 3

Точки графика расчетной частотной характеристики

f_b , Гц	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
R_b , дБ	40	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68

Индекс изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией с известной частотной характеристикой изоляции воздушного шума определяется путем сопоставления этой частотной характеристики с оценочной кривой.

Таблица 4

Определение индекса изоляции воздушного шума R_w

№ п.п.	Параметры	Среднегеометрическая частота 1/3-октавной полосы, Гц															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
1	Расчетная характеристика R , дБ	40	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68
2	Оценочная кривая, дБ	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
3	Неблагоприятные отклонения, дБ	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Оценочная кривая, смещенная вверх на 4дБ	37	40	43	46	49	52	55	56	57	58	59	60	60	60	60	60
5	Неблагоприятные отклонения от смещенной оценочной кривой, дБ	-	-	1	2	3	4	5	4	3	2	1	-	-	-	-	-
6	Индекс изоляции воздушного шума R , дБ								56								

Получаем индекс изоляции воздушного шума $R_w=56$ дБ, сумма неблагоприятных отклонений равна 25.

$$R_w \geq R_{тр}$$

$$56 \text{ дБ} \geq 42,24 \text{ дБ}$$

Расчетное значение оказалось больше требуемого, а сумма неблагоприятных отклонений близка к 32, значит предложенная конструкция защитит соседнее с котельной помещение от неблагоприятного воздействия шума.

Заключение

Ввиду развития техники в существующие стандарты вносятся поправки, с одной стороны, ужесточающие требования, с другой – повышающие уровень комфорта жизнедеятельности человека.

Именно поэтому защите от шума уделяется значительное внимание. При этом положительной тенденцией является и существенная детализация требований и рекомендаций по защите от шума систем теплогасоснабжения и вентиляции, которая была отмечена как в профильном СП 51.13330.2011, так и в ряде документов НОСТРОЙ.

Рассчитанная в данной работе конструкция перекрытия между крышной котельной и квартирами, расположенными ниже: железобетонная плита, плотностью 1800 кг/м^3 , толщиной 0,22 м. и звукоизоляционный материал – минераловатные каменные плиты Rockwool флор баттс с толщиной 20 мм. полностью защитит жителей многоквартирного дома от нежелательного шума.

Список литературы

1. Защита от шума : СП 51.13330.2011 : утв. Министерством регионального развития Российской Федерации 28.12.2010 : введ. в действие с 20.05.2011 – Москва : Минрегион России, 2011. – 47 с. – Текст : непосредственный.
2. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: СанПиН 1.2.3685-21 : утв. главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 28.01.2021 – Москва : Минюст России, 2021. – 949 с. – Текст : непосредственный.
3. Иванов Н.И., Шашурин А.Е. Учебное пособие "Защита от шума и вибрации", издание второе - дополненное и переработанное / СПб.: Печатный Цех, 2019. - 284с.
4. Плотников А.С., Жилина Т.С., Афонин К.В., Сайфуллин А.А. Исследование структурного шума при применении нескольких контуров плавающего пола в крышных котельных // Noise Theory and Practice, 2021, №7 (2) – С. 93-102.
5. Гуреев К. А., Трясцин Д. В. Исследования акустических свойств материалов для дополнительной звукоизоляции в многоквартирных жилых домах в условиях применения различных строительных конструкций // Noise Theory and Practice, 2022, №8 (4) – С. 49-58.
6. СП 118.13330.2012*. Свод правил. Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009. – Москва: Минрегион России, 2011. – 92 с.
7. СП 131.13330.2020. Свод правил. Строительная климатология Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. – Москва: Минрегион России, 2018. – 112 с.
8. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 12 с.
9. Энергетическая стратегии России на период до 2030 г. Утр. распоряжением Правительства РФ от 13.11.2009 г. № 1715-р / Институт энергетической стратегии. [электронный ресурс]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения: 20.10.2023)

10. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий : СП 23-103-2003 : утв. Госстроем России 25.12.2003 : введ. в действие с 22.03.2004 – Москва : ФГУП ЦПП, 2004. – 35 с. – Текст : непосредственный.
11. О ситуации с теплоснабжением в РФ: отчет / Фонд энергетического развития. 2016 г. Москва. URL: <http://www.energsovet.ru/stat880.html> (дата обращения: 15.09.2023).
12. Plotnikov A., Zhilina T. MATEC Web of Conferences. 2018. С. 01010. DOI: 10.1051/mateconf/201714301010.
13. M.Ermann, J.Wiley, Architectural Acoustics (JohnWiley&SonsInc,2017).
14. Плотников А.С. Снижение вибрационных нагрузок при эксплуатации крышных котельных / Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2018. № 1 (34). С. 77-82.
15. Тупов В.Б. Снижение шума от объектов большой и малой энергетики // Доклады V Всерос. науч.-практ. конф. СПб.: Айсинг, 2015. С. 55–64.

References

1. Noise protection : SP 51.13330.2011 : utv. Ministry of Regional Development of the Russian Federation 28.12.2010 : introduction. effective from 20.05.2011 – Moscow: Ministry of Regional Development of Russia, 2011. – 47 p. – Text : immediate.
2. Hygienic Standards and Requirements for Ensuring Safety and (or) Harmlessness for Humans of Environmental Factors: SanPiN 1.2.3685-21 : utv. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation 28.01.2021 – Moscow: Ministry of Justice of Russia, 2021. – 949 p. – Text : immediate.
3. Ivanov N.I., Shashurin A.E. Textbook "Protection from noise and vibration", second edition - expanded and revised / St. Petersburg: Printing Shop, 2019. - 284 p.
4. Plotnikov A.S., Zhilina T.S., Afonin K.V., Saifullin A.A. Study of structural noise when using several floating floor circuits in roof boiler houses // Noise Theory and Practice, 2021, No. 7 (2) – pp. 93-102.
5. Gureev K. A., Tryastin D. V. Research on the acoustic properties of materials for additional sound insulation in apartment buildings in the conditions of using various building structures // Noise Theory and Practice, 2022, No. 8 (4) – P. 49-58 .
6. SP 118.13330.2012*. A set of rules. Public buildings and structures. Updated edition of SNiP 31-06-2009. Moscow: Ministry of Regional Development of Russia, 2011. 92 p. (in Russian).
7. GOST 30494-2011. The buildings are residential and public. Indoor climate parameters. Moscow: Standartinform, 2019. 12 p. (in Russian).
8. GOST 30494-2011. The buildings are residential and public. Indoor climate parameters. Moscow: Standartinform, 2019. 12 p. (in Russian).
9. Russia's Energy Strategy for the Period up to 2030. Decree of the Government of the Russian Federation dated 13.11.2009 No. 1715-r / Institute of Energy Strategy. [Electronic resource]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (accessed: 20.10.2023)
10. Designing sound insulation of enclosing structures of residential and public buildings: SP 23-103-2003 : utv. Gosstroyem Rossii 25.12.2003 : vved. in action from 22.03.2004 – Moscow: FSUE CPP, 2004. – 35 p. – Text : immediate.
11. On the situation with heat supply in the Russian Federation: report / Energy Development Fund. 2016 Moscow. URL: <http://www.energsovet.ru/stat880.html> (accessed: 15.09.2023).

12. Plotnikov A., Zhilina T. MATEC Web of Conferences. 2018. С. 01010. DOI: 10.1051/mateconf/201714301010.
13. M.Ermann, J.Wiley, Architectural Acoustics (JohnWiley&SonsInc,2017).
14. Plotnikov A.S. Reduction of vibrational loads in the operation of rooftop boiler houses / Bulletin of the Engineering School of the Far Eastern Federal University. 2018. № 1 (34). S. 77-82.
15. Тупов V.B. Reduction of Noise from Large and Small Power Engineering Facilities. Sci.-Prakt. Conf. St. Petersburg, Aising Publ., 2015. Pp. 55–64.