

АНАЛИЗ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ КАРКАСНО-ОБШИВНЫХ ПЕРЕГОРОДОК

Т. А. Чернышева, к.т.н.; Е. В. Шелихова, к.т.н., доцент

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

Аннотация. В статье представлены результаты расчетов сравнительной экономической эффективности на основании выполненного анализа вариантов конструктивных решений звукоизолирующих каркасно-обшивных (слоистых) перегородок. Сравнимые асимметричные и базовые варианты конструктивного решения слоистых перегородок приведены в сопоставимый вид по: области применения; объему работ; качественным параметрам; фактору времени; социальным факторам производства и использования продукции, включая влияние на окружающую среду. С целью выбора оптимального решения при проектировании внутренних вертикальных ограждений необходимо иметь возможность быстрой оценки большого числа проектных вариантов, параметры которых обеспечивают требуемый уровень звукоизоляции с учетом шумового режима в помещении. По результатам исследования сделан вывод, что наиболее рациональным является устройство звукоизолирующих асимметричных каркасно-обшивных перегородок из гипсокартонных листов.

Ключевые слова: звукоизолирующие каркасно-обшивные перегородки, гипсокартонные листы (ГКЛ), индекс звукоизоляции воздушного шума, экономическая эффективность.



*Чернышева Тамара
Александровна*



*Шелихова
Елена Викторовна*

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В последние годы в гражданском строительстве в качестве вертикальных внутренних ограждающих конструкций большую популярность приобрели каркасно-обшивные (слоистые) перегородки на основе гипсокартонных (ГКЛ) и гипсоволокнистых (ГВЛ) листов с заполнением воздушного промежутка звукопоглощающим материалом.

В жилых и общественных зданиях, где шумовой режим определяется назначением помещения, предъявляются повышенные требования к звукоизоляционным качествам ограждающих конструкций. Достигнуть хорошей звукоизоляции, применяя легкие слоистые конструкции, более сложно в сравнении с тяжелыми (бетонными, кирпичными и т.д.) однослойными ограждающими конструкциями. Задача снижения материалоемкости конструкций при одновременном обеспечении эксплуатационных характеристик, предъявляемых к определенному классу конструкций, является одной из важнейших в рамках развития строительной отрасли. Ее решение требует не только максимально точного учета особенностей работы материала с точки зрения заявленных эксплуатационных показателей, но и совершенствования методов расчета, позволяющих оптимизировать подходы к назначению геометрических характеристик элементов в составе конструкций различного назначения.

Для нахождения рационального решения при проектировании внутренних вертикальных ограждений необходимо выполнить технико-экономическую оценку большого числа проектных вариантов многослойных легких конструкций, предназначенных для использования в гражданском строительстве, параметры которых обеспечивают требуемый уровень звукоизоляции с учетом шумового режима в помещении.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В научных работах ряда отечественных и зарубежных ученых дано технико-экономическое обоснование эффективности многослойных легких ограждений.

Авторами работы [1] детально проанализированы методы расчета и проектирования различных типов звукоизолирующих ограждений. В работе [2]

обоснованы расчетом по звукоизоляции возможности использования пазогребневых гипсовых плит, керамзитобетонных блоков для применения в конструкциях межкомнатных перегородок, отвечающих нормативным требованиям по звукоизоляции (в соответствии со СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003» индекс изоляции воздушного шума межкомнатных перегородок должен составлять $R_w \geq 43$ дБ).

Авторы работы [3] предлагают конструктивное решение звукоизоляционных бескаркасных ограждающих конструкций из сэндвич-панелей. При этом повышение звукоизоляции обеспечивается путем применения акустического разобщения слоев. Представлены результаты исследований звукоизоляции ортотропных ограждающих конструкций со средним слоем из стального профилированного листа. Данный тип ограждения обеспечивает выполнение противопожарных требований и нормативных требований по защите от проникновения шума в помещения. Разработанные новые типы многослойных ограждающих конструкций имеют хорошие перспективы внедрения в практику гражданского и промышленного строительства.

В работах [4, 10] отмечено, что все более распространенным становится использование в гражданских зданиях каркасно-обшивных перегородок. Это объясняется тем, что при применении таких перегородок уменьшаются сроки их возведения и стоимость строительных работ, при этом снижается нагрузка на несущие элементы здания.

В работе [5] авторы приводят результаты экспериментальных исследований в реверберационной камере НИИСФ РААСН для определения оптимальных конструктивных решений базовых каркасно-обшивных перегородок предприятия «КНАУФ» с обшивками из гипсокартонных листов (ГКЛ) и гипсоволокнистых листов влагостойких (ГВЛВ) в один и два слоя с обеих сторон одинарного металлического каркаса с заполнением воздушного промежутка минераловатными плитами. Выполнен сравнительный анализ частотных характеристик звукоизоляции перегородок в зависимости от объемного веса их обшивок; от толщины звукопоглощающего материала, которым заполнялся воздушный промежуток перегородок.

Современный анализ базовых конструктивных решений каркасно-обшивных перегородок показывает, что эти конструкции в ряде случаев не обладают достаточной звукоизоляцией в нормированном диапазоне средних и высоких частот (630...1250 Гц), вызванной резонансом системы «масса-упругость-масса».

Необходимые звукоизоляционные качества слоистых конструкций можно обеспечить лишь при условии соблюдения специальных требований и изысканий принципиально новых конструктивных решений, обеспечивающих надежную звукоизоляцию.

Целью работы: на основании сравнительного экономического анализа определить наиболее эффективные конструктивные решения звукоизолирующих каркасно-обшивных перегородок, варьируя параметры стоечного профиля, количества слоев обшивки.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Под оптимизацией при решении вопросов звукоизоляции подразумевается выбор таких определяющих уровень этой характеристики параметров, которые одновременно позволяют достичь необходимого уровня других эксплуатационных качеств здания при лучших экономических показателях. Когда уровень функциональных и эксплуатационных качеств одинаков, решающим критерием для оценки оптимальности вариантов проектных решений становится их экономичность. Однако требования экономичности не стабильны, их нельзя определить раз и навсегда, так как они зависят от экономической конъюнктуры, обеспеченности различными ресурсами и т.д. Соответственно, наряду с требованием минимизации денежных затрат на первый план могут быть выдвинуты задачи экономии трудовых ресурсов, энергии, снижения материалоемкости или массы конструкций и т. п. [11].

Рекомендации и область применения звукоизолирующих асимметричных каркасных перегородок

Для эффективного применения в строительстве звукоизолирующих каркасных перегородок с обшивками из гипсокартонных листов следует разработать их рациональное конструктивное решение. Наиболее экономически обоснованным является способ, при котором звукоизоляционные характеристики ограждения улучшаются без увеличения материалоемкости. Развитием таких ограждений является разработка эффективных звукоизоляционных многослойных легких конструкций с обшивками разной поверхностной плотности и с разным количеством слоев обшивок.

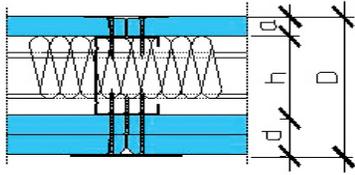
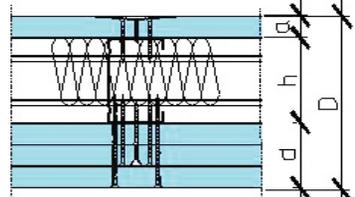
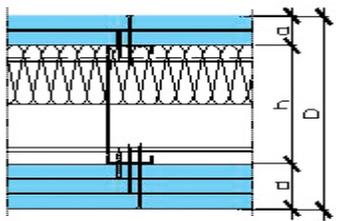
Для исследования были разработаны следующие типы звукоизолирующих асимметричных каркасно-обшивных перегородок: АС-1М-(1+2)ГКЛ, АС-1М-(1+3)ГКЛ и АС-1М-(2+3)ГКЛ. Толщина обшивки гипсокартонными листами с каждой стороны каркаса принята разная, зависящая от количества листов гипсокартона: один плюс два листа (1+2) – (12,5+25 мм), один плюс три листа (1+3) – (12,5+37,5 мм) и два плюс три листа (2+3) – (25+37,5 мм). Представленные конструкции звукоизолирующих асимметричных каркасно-обшивных перегородок базируются на типовых конструктивных решениях с использованием листов гипсокартонных, фирменных и специализированных материалов (крепежных и металлических изделий) группы компаний «ТИГИ КНАУФ» [6]. При применении данных технических решений параметры конструкций в части размеров сечения и максимального шага элементов каркаса, максимально допустимой высоты конструкций, а также устройства соединений допускается использовать без проведения обосновывающих расчетов [6].

Эти конструкции по сравнению с распространенными (базовыми) каркасно-обшивными перегородками с одинаковой толщиной обшивок и одинаковым количеством слоев, равными по поверхностной плотности, имеют более высокую звукоизоляцию за счет возникновения явления волнового совпадения, происходящего в разных частотных диапазонах.

Технические и акустические характеристики звукоизолирующих асимметричных каркасно-обшивных перегородок приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Технические и акустические характеристики звукоизолирующих асимметричных каркасно-обшивных перегородок

Тип перегородок	№ конструкции	Эскиз	Толщина слоев обшивки, а, d, мм	Толщина перегородки D, мм	Ширина стоечного профиля ПС, h, мм	Звукоизоляция Rw, дБ
АС-1М-(1+2)ГКЛ	1		a – 1x12,5 d – 2x12,5	87,5	50	52
	2			112,5	75	53
	3			137,5	100	55
АС-1М-(1+3)ГКЛ	4		a – 1x12,5 d – 3x12,5	100	50	53
	5			125	75	56
	6			150	100	57
АС-1М-(2+3)ГКЛ	7		a – 2x12,5 d – 3x12,5	112,5	50	56
	8			137,5	75	57
	9			162,5	100	58

Примечание: Звукопоглощающий слой «ИЗОВЕР ЗвукоЗащита» плотностью 40 кг/м³, толщиной 50 мм в воздушном промежутке.

Конструктивные решения звукоизолирующих асимметричных каркасных перегородок рекомендуются для применения при проектировании и использовании в новом строительстве, а также при реконструкции и реставрации жилых, общественных и вспомогательных зданий производственных предприятий, с целью улучшения звукоизоляции ограждающих конструкций.

В таблице 2 представлен перечень помещений для приведенных типов звукоизолирующих асимметричных каркасно-обшивных перегородок.

Экономическая эффективность звукоизолирующих асимметричных каркасных перегородок

Расчет сравнительной экономической эффективности вариантов конструктивных решений звукоизолирующих каркасных перегородок с обшивкой гипсокартонными листами выполняем согласно общепринятой методике [8, 9]. Сравнительная экономическая эффективность представляет собой отношение прироста эффекта к приросту капиталовложений. Для рассматриваемого случая в качестве прироста эффекта выступает не прирост прибыли, а снижение себестоимости

конструкций «в деле». Показатели эффекта используем в среднегодовом исчислении.

В расчете годового экономического эффекта, Э, от создания и эксплуатации зданий нового типа с улучшенными объемно-планировочными и конструктивными решениями по сравнению с заменяемыми типами зданий с той же номинальной производственной мощностью учитываем:

- приведенные затраты, Z_n и Z_{zn} , представляющие собой сумму себестоимости и нормативных отчислений от капитальных вложений в производственные фонды в i-м году строительства объекта по сравниваемым вариантам;

- β – коэффициент учета изменения качественных параметров сравниваемых вариантов, зависящих только от строительных проектных решений.

При выборе вариантов предпочтение отдаем варианту с минимальными приведенными затратами. При равенстве приведенных затрат по сравниваемым вариантам предпочтение отдаем мероприятиям, обеспечивающим получение социального эффекта (существенное вытеснение ручного труда, особенно тяжелого и малопривлекательного, улучшение условий труда и др.).

Сравниваемые новый и базовый варианты приводим в сопоставимый вид по: области применения;

Таблица 2.

Перечень помещений для возможного применения звукоизолирующих асимметричных каркасных перегородок

Схема ограждающей конструкции		Измеренные индексы изоляции воздушного шума, R_w , дБ	Применение в соответствии с СП 51.13330. 2011 (табл. 2)	Требуемые нормативные индексы изоляции воздушного шума, $R'_{wнорм}$, дБ
тип перегородок	№ профиля			
Перегородки на одинарном металлическом каркасе				
АС-1М-(1+2)ГКЛ	ПС50/50	52	Жилые здания п. 10 Перегородки без дверей между комнатами, между кухней и комнатой в одной квартире	43
			п.11 Перегородки между санузелом и комнатой одной квартиры	47
			п. 12 Стены и перегородки между комнатами общежитий	50
	ПС75/50	53	Учебные заведения п. 36 Стены и перегородки между классами, кабинетами и аудиториями и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования Детские дошкольные учреждения	48
			п. 37 Стены и перегородки между групповыми комнатами, спальнями и между другими детскими комнатами	47
			Административные здания, офисы п. 21 Стены и перегородки между кабинетами и отделяющие кабинеты от рабочих комнат	45
АС-1М-(1+3)ГКЛ	ПС50/50	56	п. 24 Стены и перегородки, отделяющие рабочие комнаты от помещений общего пользования (вестибюли, холлы, буфеты) и от помещений с источниками шума (машбюро, телетайпные т.п.)	52
			п. 25 Стены и перегородки, отделяющие кабинеты от помещений общего пользования и шумных помещений	47
	ПС75/50	57	п. 30 Стены и перегородки между палатами, кабинетами врачей	47
	ПС100/50	58	п. 32 Стены и перегородки, отделяющие палаты и кабинеты от помещений общего пользования	54
	АС-1М-(2+3)ГКЛ	ПС50/50	56	Жилые здания п. 8 Стены и перегородки между квартирами, между помещениями квартир и коридорами
Учебные заведения п. 33 Стены и перегородки между музыкальными классами средних учебных заведений и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования				55
ПС75/50		57	Гостиницы п. 17 Стены и перегородки между номерами: гостиницы категорий «пять звезд» и «четыре звезды»	52
			гостиницы категории «три звезды»	53
			гостиницы категорий ниже «три звезды»	51
			п. 18 Стены и перегородки, отделяющие номера от помещений общего пользования (лестничные клетки, вестибюли, холлы, буфеты):	50
			гостиницы категорий «пять звезд» и «четыре звезды»	53
			гостиницы категорий «три звезды» и ниже	51

объему работ; качественным параметрам; фактору времени; социальным факторам производства и использования продукции, включая влияние на окружающую среду. Показатели затрат по сравниваемым вариантам рассчитываем для условий одного и того же района строительства, в едином уровне цен на аналогичные конструкции и материалы, с применением единой сметно-нормативной базы. Эксплуатационные расходы определяем из расчета одинаковых цен на тепловую и электрическую энергию, холод и воду. Сопоставимость сравниваемых вариантов по фактору времени обеспечивается приведением затрат и результатов к одному моменту времени.

Для расчета сравнительной экономической эффективности разработанных звукоизолирующих асимметричных каркасных перегородок и базовых вариантов каркасно-обшивных перегородок из ГКЛ составлена сметная документация в программном комплексе «Смета Профи» ООО «ККС-Групп» г. Донецк [7].

Полученные результаты стоимости монтажа сведены в таблице 3.

Сравнивая попарно базовые и предлагаемые варианты, получаем экономию затрат на возведение перегородок повышенной звукоизоляции в расчете на 100 м². Показатели экономической эффективности приведены в таблице 4.

Таблица 3.

Сводная таблица стоимости монтажа звукоизолирующих базовых вариантов каркасно-обшивных перегородок и асимметричных каркасных перегородок с обшивками гипсокартонными листами

Показатели	Ед. изм.	Варианты каркасных перегородок с обшивками гипсокартонными листами по одинарному металлическому каркасу со звукопоглощающим слоем*														
		(1+1)-ПС50/50	(1+1)-ПС75/50	(1+1)-ПС100/50	(1+2)-ПС50/50	(1+2)-ПС75/50	(1+2)-ПС100/50	(2+2)-ПС50/50	(2+2)-ПС75/50	(2+2)-ПС100/50	(2+3)-ПС50/50	(2+3)-ПС75/50	(2+3)-ПС100/50	(3+3)-ПС50/50	(3+3)-ПС75/50	(3+3)-ПС100/50
Трудо-емкость монтажа	чел.-час	38,23	38,23	38,23	48,87	48,87	48,87	50,07	50,07	50,07	60,7	60,7	60,7	71,3	71,3	71,3
Себе-стоимость монтажа, в том числе:	тыс. руб.	75,358	76,652	79,489	98,462	99,759	102,593	108,171	109,465	112,302	131,275	132,569	135,406	154,377	155,671	158,508
1) прямые затраты материалы, основная зарплата, эксплуатация машин и механизмов;	тыс. руб.	64,437	65,731	68,568	84,871	86,165	89,002	93,879	95,173	98,010	114,313	115,607	118,444	134,747	136,041	138,878
		41,216	42,510	45,347	55,552	56,846	59,683	63,489	67,783	67,620	77,825	79,119	81,956	92,162	93,456	96,298
		23,221	23,221	23,221	29,311	29,311	29,311	30,390	30,390	30,390	36,480	36,480	36,480	42,571	42,571	42,571
		-	-	-	0,036	0,036	0,036	-	-	-	0,036	0,036	0,036	0,072	0,072	0,072
2) обще-произ-водств. расходы.	тыс. руб.	10,921	10,921	10,921	13,591	13,591	13,591	14,292	14,292	14,292	16,962	16,962	16,962	19,630	19,630	19,630
Продолжи-тельность монтажа	смен (зве-но4 чел.)	9,6	9,6	9,6	12,2	12,2	12,2	12,5	12,5	12,5	15,2	15,2	15,2	17,8	17,8	17,8

Примечание: * Количество листов обшивки и № профиля конструкции перегородки.

Таблица 4.

Сравнительная экономическая эффективность вариантов конструктивных решений звукоизолирующих базовых каркасно-обшивных перегородок и асимметричных каркасных перегородок с обшивками гипсокартонными листами

Варианты конструктивных решений. Индекс звукоизоляции, R_w , дБ	Коэффици-ент β	Приведенные затраты по базовому варианту, Z_{i1}	Приведенные затраты по предлагаемому варианту, Z_{i2}	Экономическая эффективность, Э, тыс. руб. /100м ²
базовый/предлагаемый				
(2+2)-50/50	49	1,061	108,171	98,462
(1+2)-50/50	52			
(2+2)-75/50	50	1,06	109,465	99,759
(1+2)-75/50	53			
(2+2)-100/50	55	1,0	112,302	102,593
(1+2)-100/50	55			
(2+2)-50/50	49	1,081	131,411	121,564
(1+3)-50/50	53			
(2+2)-75/50	50	1,12	135,144	122,858
(1+3)-75/50	56			
(2+2)-100/50	55	1,04	130,266	125,695
(1+3)-100/50	57			
(3+3)-50/50	54	0,98	154,377	121,564
(1+3)-50/50	53			
(3+3)-75/50	55	1,0	155,671	122,858
(1+3)-75/50	55			
(3+3)-100/50	56	1,0	158,508	125,695
(1+3)-100/50	56			
(3+3)-50/50	54	1,037	154,377	131,275
(2+3)-50/50	56			
(3+3)-75/50	55	1,036	155,671	132,569
(2+3)-75/50	57			
(3+3)-100/50	56	1,036	158,508	135,406
(2+3)-100/50	58			

ВЫВОДЫ

По результатам численных исследований сравнительной экономической эффективности конструктивных решений звукоизолирующих каркасных перегородок наиболее рациональным является устройство звукоизолирующих асимметричных каркасно-обшивных перегородок. Применение таких конструкций в качестве межквартирных перегородок, перегородок между рабочими помещениями офисов, стен и перегородок между производственными предприятиями административных зданий позволит снизить затраты на монтаж в среднем от 4,570 до 32,813 тыс. руб. / 100 м² (таблица 4).

Список литературы

1. Кочкин, А. А. Исследование изоляции воздушного шума двойными ограждающими конструкциями / Кочкин А. А., Киряткова А. В., Шубин И. Л. // БСТ: Бюллетень строительной техники. – Москва: издательство «БСТ», 2018. – Номер 6 (1006). – С. 20–21. – [Электронный ресурс] – Режим доступа : https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=9733.
2. Анджелов, В. Л. Звукоизоляция межкомнатных перегородок / В. Л. Анджелов, Е. В. Любакова // Вестник МГСУ. – Москва: НИИСФ РААСН, 2011. – Выпуск 3-1(2011). – С. 25–27. – [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://elibrary.ru/item.asp?id=17636702>.
3. Исследования звукоизоляции новых типов многослойных ограждающих конструкций зданий / В. Н. Бобылев, В. А. Тишков, Д. В. Монич, Д. Л. Щеголев, П. А. Гребнев, С. А. Паузин. – Текст : непосредственный // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования Российской академии архитектуры и строительных наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2018 году / Российская академия архитектуры и строительных наук. – Москва, 2019. – С. 100–113.
4. Монич, Д. В. Звукоизолирующие свойства каркасно-обшивных перегородок с одинарным каркасом / В. Н. Бобылев, Д. В. Монич, В. В. Дымченко. – Текст : непосредственный // Вестник Приволжского территориального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук : сборник научных трудов ; ответственный редактор В. Н. Бобылев. – Нижний Новгород, 2019. – С. 174–179.
5. Минаева, Н. А. Анализ звукоизоляционных качеств каркасно-обшивных перегородок : Текст непосредственный. / Н. А. Минаева // Acadetia. Архитектура и строительство. – 2018. – № 4. – С. 137–141.
6. СП 55-101-2000. Свод правил по проектированию и строительству. Ограждающие конструкции с применением гипсокартонных листов : издание официальное : утвержден совместным приказом СП «ТИГИ КНАУФ» ОАО и АО «ЦНИИпромзданий» № 91/18 от 24.04.2000 : дата введения 2000-06-01/ разработан АО «ЦНИИпромзданий», ГП ЦНС, СП «ТИГИ КНАУФ» ОАО. – Москва, Госстрой России, 2003. – 56 с. – Текст : непосредственный.
7. Чернышева, Т. А. дис... канд. техн. наук / Т. А. Чернышева; ГОУ ВПО «ДОННАСА». – Макеевка, 2020. – 215 с. – Текст : непосредственный.
8. Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений СН 509-78. – Москва: Госстрой СССР, 1979. Дата актуализации 01.01.2019. – 65 с. – Текст : непосредственный.
9. Методические рекомендации по экономическому обоснованию применения конструктивных элементов и технологий, обеспечивающих повышение эффективности инвестиций за счет снижения эксплуатационных затрат, повышения долговечности зданий и сооружений МРР-3.2.23-97. – Москва, 1998. Дата актуализации 01.01.2019. – 78 с. – Текст : непосредственный.
10. Experimental study of sound insulation in multilayer building partitions / V. N. Bobylyov, V. A. Tishkov, D. V. Monich, V. V. Dymchenko, P. A. Grebnev. – Text : direct // Noise Control Engineering Journal. – 2014. – Volume 62, № 5. – С. 354–359.
11. Крейтман, В. Г. Обеспечение звукоизоляции при проектировании жилых зданий : Текст : непосредственный. / В. Г. Крейтман // – Москва : Стройиздат, 1980. – 173 с.