

## ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СТЕН ИЗ ГАЗОБЕТОНА

Бернацкий А.Ф., доктор технических наук, профессор

Семикин П.В., кандидат технических наук, доцент

Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова

**Аннотация.** В статье приводится методика по расчету и данные расчета звукоизоляционных свойств межкомнатных и межквартирных стен и перегородок, выполненных из газобетона различной плотности. Приведены данные расчета индексов изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями, выполненными из газобетонных блоков толщиной 100, 120, 150, 200, 240, 250, 300, 350 и 400 мм, средней плотностью D600 и D700 кг/м<sup>3</sup>, неоштукатуренными и оштукатуренными с двух сторон гипсовой штукатуркой толщиной 3 мм и цементно-песчаной штукатуркой толщиной 10 мм. Приведены данные фактических измерений изоляции воздушного шума рассмотренных в расчете вариантов перегородок, выполненных из газобетонных блоков.

**Ключевые слова:** звукоизоляция, газобетон, воздушный шум, свойства

Динамичное развитие промышленного и жилищно-гражданского строительства с новыми технологиями монтажа требует применения эффективных звукоизолирующих материалов. Экономически важным является применение стройматериалов, получаемых из недефицитного дешевого сырья, но, вместе с тем, обеспечивающих достаточно высокие показатели звукоизоляции при использовании в ограждающих конструкциях.

К числу таких материалов относится газобетон. Общим свойством, обуславливающим специфику и выбор применимости конструкций из легких бетонов, в том числе, и газобетона, является содержание значительного количества пор. Наличие пористости существенно улучшает акустические свойства газобетона по сравнению с плотными материалами. Применение легкогобетонных материалов в стеновых конструкциях с открытой или закрытой пористостью позволяет увеличивать их индекс изоляции по сравнению со стенами из однородных плотных материалов на 2-5 дБ [1].

При возведении межкомнатных и межквартирных стен и перегородок используются блоки из газобетона различной плотности, неоштукатуренные и оштукатуренные с двух сторон гипсовой штукатуркой толщиной 3 мм и цементно-песчаной штукатуркой толщиной 10 мм. Блоки применяются толщиной от 100 до 400 мм со средней плотностью от D600 до D1000 кг/м<sup>3</sup>.

**Расчет звукоизоляции для стен и перегородок из газобетонных блоков.**

Расчет производился по рекомендациям СП «Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий» [2].

Нормируемыми параметрами звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций жилых и общественных зданий являются индексы изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями  $R_w$ , дБ.

Индекс изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями  $R_w$  для стен и перегородок между квартирами, между помещениями квартир и лестничными клетками, холлами, коридорами, вестибюлями в домах категории А должен быть не менее 54 дБ, категории Б – не менее 52 дБ; для стен между помещениями квартир и магазинами в домах категории А должен быть не менее 59 дБ; для стен и перегородок, отделяющих помещения культурно-бытового обслуживания общежитий друг от друга и от помещений общего пользования (холлы, вестибюли, лестничные клетки) должен быть не менее 47 дБ.

Расчет звукоизоляции производился для вариантов стен и перегородок из газобетонных блоков средней плотностью D600, D700, D800, D900, D1000 кг/м<sup>3</sup>, а также для оштукатуренных стен из блоков средней плотностью D600 и D700 кг/м<sup>3</sup>. Отделка стен - цементно-песчаная штукатурка толщиной 10 мм с двух сторон и гипсовая штукатурка толщиной 3 мм с двух сторон.

Непосредственно расчет звукоизоляции для стены и перегородки из газобетона средней плотностью D600 кг/м<sup>3</sup> производился следующим образом. Индекс изоляции воздушного шума однослойными ограждающими конструкциями определяется на основании рассчитанной частотной характеристики изоляции воздушного шума по графику в виде ломаной линии (рис. 1). Абс-

цисса точки В –  $f_B$  определяется по табл. 8 [2] в зависимости от толщины и плотности материала конструкции. Так для газобетона средней плотностью  $D600 \text{ кг/м}^3$  получаем  $f_B = 40000/h$ . Подобным образом определяется частотная характеристика для стен и перегородок из газобетонных блоков толщиной 100, 120, 150, 200, 240, 250, 300, 350, 400 мм. Значение  $f_B$  округляется до среднегеоме-

трической частоты, в пределах которой находится  $f_B$ . Границы треть октавных полос устанавливались по табл. 9 [2].

Поверхностная плотность ограждения:

$$m = \gamma h, \quad (1)$$

где  $\gamma$  – средняя плотность материала,  $\text{кг/м}^3$ ;  $h$  – толщина слоя, м.

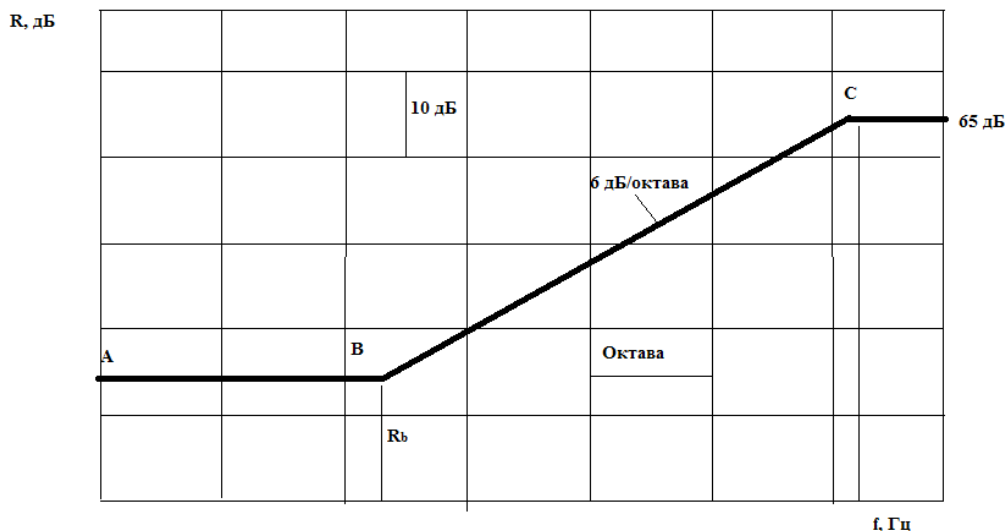


Рис. 1. Частотная характеристика изоляции воздушного шума однослойным плоским ограждением [2]

Ордината точки В -  $R_b$ :

$$R_b = 20 \lg m_j - 12, \text{ дБ}, \quad (2)$$

где  $m_j$  – эквивалентная поверхностная плотность ограждения, определяемая по формуле:

$$m_j = K m, \text{ кг/м}^2, \quad (3)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий относительное увеличение изгибной жесткости ограждения из газобетона по отношению к конструкциям из

тяжелого бетона с той же поверхностной плотностью.

Для сплошных ограждающих конструкций из бетонов на легких заполнителях, поризованных бетонов, кладки из кирпича и пустотелых керамических блоков коэффициент  $K$  определяется по табл. 1.

Таблица 1

Коэффициент, учитывающий относительное увеличение изгибной жесткости ограждения из газобетона (фрагмент табл.10 [2])

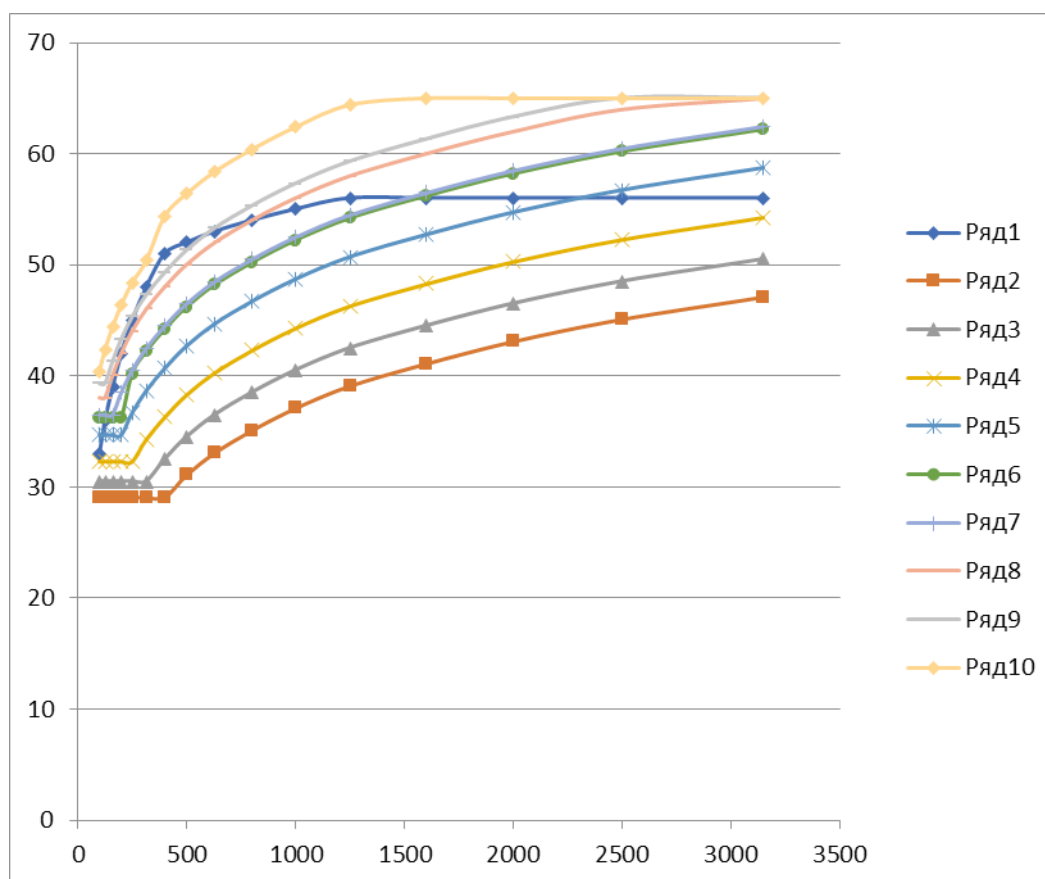
Вид материала	Класс	Плотность, $\text{кг/м}^3$	$K$
Газобетон, пенобетон, газосиликат	В 5,0	1000	1,5
		800	1,6
		600	1,7

Результаты расчетов стен из блоков толщиной от 100 до 400 мм приведены в табл. 2. Для каждой толщины конструкции строится частотная харак-

теристика (рис. 2). На этом же рисунке приведена оценочная кривая по данным, приведенным в табл. 3.

Расчетные характеристики изоляции воздушного шума блоками разной толщины

Толщина блока, $h$ , мм	$f_B = \frac{40000}{h}$ , Гц	Средне-геометрическая частота 1/3-октавной полосы, Гц	Поверхностная плотность ограждения, $m$ , кг/м <sup>2</sup>	Эквивалентная поверхностная плотность, $m_e$ , кг/м <sup>2</sup>	$R_B$ , дБ
100	400	400	60	102,0	28,2
120	333	315	72	122,4	29,8
150	267	250	90	153,0	31,7
200	200	200	120	204,0	34,2
240	167	160	144	244,8	35,8
250	160	160	150	255,0	36,2
300	133	125	180	306,0	37,7
350	114	125	210	357,0	39,1
400	100	100	240	408,0	40,2



**Рис. 2.** Частотная характеристика изоляции воздушного шума однослойной плоской ограждающей конструкцией сплошного сечения из газобетона средней плотностью  $D600 \text{ кг/м}^3$ :  
 Ряд 1 – оценочная кривая; Ряд 2 – толщина 100 мм; Ряд 3 – толщина 120 мм;  
 Ряд 4 – толщина 150 мм; Ряд 5 – толщина 200 мм; Ряд 6 – толщина 240 мм;  
 Ряд 7 – толщина 250 мм; Ряд 8 – толщина 300 мм; Ряд 9 – толщина 350 мм;  
 Ряд 10 – толщина 400 мм

Показатели изоляции воздушного шума блоков средней плотностью  
Д600 кг/м<sup>3</sup> в границах третьоктавных полос

Наименование показателя	Средние частоты третьоктавных полос, Гц															
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Изоляция воздушного шума $R_w$ , дБ	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56

Индекс изоляции воздушного шума  $R_w$ , дБ ограждающей конструкцией с известной (рассчитанной или измеренной) частотной характеристикой изоляции воздушного шума определяют путем сопоставления этой частотной характеристики с оценочной кривой и данными, приведенными в табл. 8 [2]. За величину индекса  $R_w$  принимается ордината, смещенная вверх или вниз оценочной кривой в треть октавной полосе со среднегеометрической частотой 500 Гц.

Для определения индекса изоляции воздушного шума  $R_w$  определяется сумма неблагоприятных отклонений данной частотной характеристики от оценочной кривой. Неблагоприятными считаются отклонения вниз от оценочной кривой. Если сумма неблагоприятных отклонений максимально приближается к 32 дБ, но не превышает эту величину, величина индекса  $R_w$  составляет 52 дБ. Если сумма неблагоприятных отклонений превышает 32 дБ, оценочная кривая смещается вниз на целое число децибел так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений не превышала указанную величину. Если сумма неблагоприятных отклонений значительно меньше 32 дБ или неблагоприятные отклонения отсутствуют, оценочная кривая смещается вверх (на целое число децибел) так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений от смещенной оце-

ночной кривой максимально приближалась к 32 дБ, но не превышала эту величину. Результаты расчета отклонений приведены в табл. 4.

Для блока толщиной 100 мм сумма неблагоприятных отклонений от смещенной оценочной кривой равна -109 дБ, поэтому оценочная кривая смещается вверх на 7 дБ, при этом отклонение составляет -3 дБ. Следовательно, индекс изоляции воздушного шума для стен и перегородок из газобетонных блоков толщиной 100 мм составит  $R_w = 52 - 7 = 45$  дБ.

Для блока толщиной 400 мм сумма неблагоприятных отклонений от смещенной оценочной кривой равна + 187 дБ, поэтому оценочная кривая смещается вниз на 12 дБ, при этом отклонение составляет -5 дБ. Следовательно, индекс изоляции воздушного шума для стен и перегородок из газобетонных блоков толщиной 400 мм составит  $R_w = 52 + 12 = 64$  дБ.

Аналогичным образом рассчитываются индексы изоляции воздушного шума для стен и перегородок из газобетонных блоков различной толщины. Результаты расчета величины индекса  $R_w$  для стен и перегородок из газобетонных блоков плотностью Д600 и толщиной от 100 до 400 мм приведены в табл. 5.

Таблица 4

Расчет неблагоприятных отклонений частотной характеристики газобетонных блоков разной толщины от оценочной кривой

h, мм	Σ дБ	Отличие от оценочной кривой (дБ) при частоте Гц															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
100	-109	-4,8	-7,8	-10,8	-13,8	-16,8	-19,8	-22,8	-17,8	-12,8	-7,8	-2,8	+2,2	+8,2	+9	+9	+9
120	-53	-3,2	-6,2	-9,2	-12,2	-15,2	-18,2	-15,2	-10,2	-5,2	0	+5,2	+9	+9	+9	+9	+9
150	+13	-1,3	-4,3	-7,3	-10,3	-13,3	-10,3	-7,3	-2,3	+3,3	+8	+10	+9	+9	+9	+9	+9
200	+62	+1,2	-1,8	-4,8	-7,8	-5,8	-1,8	+1	+6	+11	+11	+10	+9	+9	+9	+9	+9
240	+111	+2,8	-0,2	-3,2	0	+3	+6	+11	+13	+12	+11	+10	+9	+9	+9	+9	+9
250	+111	+2,8	-0,2	-3,2	0	+3	+6	+11	+13	+12	+11	+10	+9	+9	+9	+9	+9
300	+147	+4,5	+1,5	+4,5	+7,5	+10,5	+13,5	+14	+13	+12	+11	+10	+9	+9	+9	+9	+9
350	+158	+6,1	+3,1	+7,1	+9,1	+12,1	+16	+14	+13	+12	+11	+10	+9	+9	+9	+9	+9
400	+187	+7,2	+10,2	+13,2	+16,2	+19,2	+17	+14	+13	+12	+11	+10	+9	+9	+9	+9	+9

Таблица 5

Расчет индекса изоляции воздушного шума газобетонных блоков с учетом неблагоприятных отклонений частотной характеристики

Толщина, мм	100	120	150	200	240	250	300	350	400
$R_w$ , дБ	46	50	53	56	59	59	62	62	64

Таким же способом рассчитывались индексы звукоизоляции воздушного шума  $R_w$  для всех рассматриваемых в статье вариантов стен (табл. 6).

Таблица 6

Расчет индекса изоляции воздушного шума стен с учетом неблагоприятных отклонений частотной характеристики

Материалы стен	Индекс изоляции воздушного шума $R_w$ , дБ, при толщине стены, мм								
	100	120	150	200	240	250	300	350	400
Газобетон <b>D600</b> кг/м <sup>3</sup>	37	39	43	47	50	50	54	55	58
Газобетон <b>D700</b> кг/м <sup>3</sup>	38	41	44	47	51	51	55	56	59
Газобетон <b>D800</b> кг/м <sup>3</sup>	39	42	45	49	52	52	55	58	59
Газобетон <b>D900</b> кг/м <sup>3</sup>	40	43	47	51	54	54	57	59	60
Газобетон <b>D1000</b> кг/м <sup>3</sup>	40	43	47	51	54	54	57	60	60
Газобетон <b>D600</b> кг/м <sup>3</sup> , гипсовая штукатурка 2х3 мм	37	41	44	47	51	51	54	55	58
Газобетон <b>D600</b> кг/м <sup>3</sup> , цементно-песчаная штукатурка 2х10 мм	40	44	46	49	52	52	56	58	59
Газобетон <b>D700</b> кг/м <sup>3</sup> , гипсовая штукатурка 2х3 мм	39	42	45	48	52	52	55	58	59
Газобетон <b>D700</b> кг/м <sup>3</sup> , цементно-песчаная штукатурка 2х10 мм	42	44	47	49	52	52	55	58	59

**Методика измерений изоляции воздушного шума.**

В соответствии с ГОСТ 27296-87 «Защита от шума в строительстве. Звукоизоляция ограждающих конструкций. Методы измерения» [3] метод измерения изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями заключается в последовательном измерении и сравнении

внутренними ограждающими конструкциями заключается в последовательном измерении и сравнении

средних уровней звукового давления в помещениях высокого и низкого уровней в определенных полосах частот.

Испытательные (реверберационные) помещения для измерения изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями состояли из двух смежных по горизонтали помещений, разделенных ограждением с проемом для монтажа испытываемых конструкций.

Объем испытательного помещения низкого уровня (ПВУ) – 30,3 м<sup>3</sup>.

Объем испытательного помещения высокого уровня (ПВУ) – 36,6 м<sup>3</sup>.

Площадь проема для монтажа испытываемой конструкции – 2,1 м<sup>2</sup>.

Передающая измерительная система, излучающая шум при измерениях изоляции воздушного шума, содержала:

- генератор сигналов низкочастотный ГЗ-112/1;
- стереоусилитель БАПК 50У-068С;
- звуковые колонки Амфитон 35 АС-018.

Приемная измерительная система состояла из регистрирующего прибора звукового давления – Анализатор шума и вибрации SVAN-949 (1 класса точности):

- измерительный блок SVAN-949;
- микрофонный предусилитель SV 12L;
- микрофон SV 22;
- акселерометр D 314341.

Звуковые колонки располагались в двух местах измерительного помещения высокого уровня на расстоянии 2 м от испытываемого объекта. Измерения осуществлялись в шести точках

на расстоянии 1 м от поверхности ограждающих конструкций и от звуковых колонок. Измерения проводились во всех третьоктавных полосах со средними геометрическими частотами: 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150 Гц.

Средние уровни звукового давления ( $L_m$ ) на каждой среднегеометрической частоте рассчитывались по формуле (4):

$$L_m = 10 \lg \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_j} \right), \quad (4)$$

где  $L_j$  – уровень звукового давления в точке  $j$ ;

$n$  – число точек измерения.

Эквивалентная площадь звукопоглощения помещения низкого уровня ( $A_2$ ) определялась по значению времени реверберации ( $T$ ):

$$A_2 = \frac{0,16 V}{T}, \quad (5)$$

где,  $V$  – объем измерительного помещения, м<sup>3</sup>.

Изоляция воздушного шума ограждающими конструкциями ( $R$ ) рассчитывается по формуле (6):

$$R = L_{m1} - L_{m2} + 10 \lg S, \quad (6)$$

где  $L_{m1}$  и  $L_{m2}$  – средние уровни звукового давления в помещениях высокого и низкого уровней соответственно, дБ;

$S$  – поверхность испытываемой конструкции, м<sup>2</sup>.

Эквивалентная площадь звукопоглощения помещения низкого уровня ( $A_2$ ), определенная по значению времени реверберации ( $T$ ) для каждой среднегеометрической частоты, приведена в табл. 7.

Таблица 7

Эквивалентная площадь помещения низкого уровня

Частота, Гц	Время реверберации, $T$ , с	Площадь $A_2$ , м <sup>2</sup>
100	1,98	3,03
125	1,92	3,12
160	1,86	3,23
200	1,80	3,33
250	1,75	3,43
315	1,70	3,54
400	1,64	3,65
500	1,59	3,76
630	1,54	3,88
800	1,49	4,01
1000	1,45	4,13
1250	1,41	4,26
1600	1,38	4,40
2000	1,32	4,54

2500	1,28	4,68
3150	1,24	4,83

### Результаты измерений изоляции воздушно-го шума.

Индекс изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями  $R_w$  для стен и перегородок между различными по назначению помещениями в жилых домах категорий А, Б и общественных зданиях (помещения прямого назначения, холлы, вестибюли, лестничные клетки) регламентируется от 47 до 59 дБ.

Звукоизоляция проверялась на гипсобетонных стенах и перегородках как оштукатуренных с двух сторон, так и неоштукатуренных (табл. 8).

Полученные в процессе измерений в шести точках значения уровней звукового давления в помещениях высокого и низкого уровней обрабатывались по вышеприведенным уравнениям (4-6) и рассчитывался индекс изоляции  $R_w$  для каждого варианта стен и перегородок.

Таблица 8

Результаты измерений и расчетные показатели индекса звукоизоляции стен

Тип перегородки	Индекс звукоизоляции, $R_w$ , дБ	
	измеренный	расчетный
Газобетонные блоки, толщина 240 мм, плотность 700 кг/м <sup>3</sup> , не оштукатурены	52	53
Газобетонные блоки, толщина 240 мм, плотность 700 кг/м <sup>3</sup> , цементно-песчаная штукатурка 10 мм с 2-х сторон	54	55
Газобетонные блоки, толщина 240 мм, плотность 700 кг/м <sup>3</sup> , гипсовая штукатурка 5 мм с 2-х сторон	53	54
Газобетонные блоки, толщина 240 мм, плотность 600 кг/м <sup>3</sup> , не оштукатурены	51	52
Газобетонные блоки, толщина 240 мм, плотность 600 кг/м <sup>3</sup> , цементно-песчаная штукатурка 10 мм с 2-х сторон	55	54
Газобетонные блоки, толщина 240 мм, плотность 600 кг/м <sup>3</sup> , гипсовая штукатурка 5 мм с 2-х сторон	52	53
Газобетонные блоки, толщина 150 мм, плотность 600 кг/м <sup>3</sup> , не оштукатурены	45	44
Газобетонные блоки, толщина 150 мм, плотность 600 кг/м <sup>3</sup> , гипсовая штукатурка 5 мм с 2-х сторон	47	46

Результаты измерений звукоизоляции всех испытанных вариантов стен и перегородок из газобетонных блоков имеют хорошее совпадение с расчетными данными.

### Выводы.

1. Стены из газобетонных блоков, изготовленные в однослойном исполнении, отвечают индексу изоляции воздушного шума для жилых домов категории А:

- толщиной 240 мм и плотностью D900 и D1000 кг/м<sup>3</sup> ( $R_w = 54$  дБ).

2. Стены из газобетонных блоков, изготовленные в однослойном исполнении, отвечают индексу изоляции воздушного шума для жилых домов категории Б:

- толщиной 240 мм и плотностью D800, D900 и D1000 кг/м<sup>3</sup> без отделки и с отделкой цемент-

но-песчаной и гипсовой штукатуркой с двух сторон ( $R_w \geq 52$  дБ);

- толщиной 240 мм и плотностью D600 и D700 кг/м<sup>3</sup> с отделкой цементно-песчаной штукатуркой с двух сторон толщиной 10 мм ( $R_w = 52$  дБ).

3. Стены из газобетонных блоков, изготовленные в однослойном исполнении, отделяющие помещения культурно-бытового обслуживания общежитий друг от друга и от помещений общего пользования отвечают индексу изоляции воздушного шума:

- толщиной 150 мм и плотностью D700 кг/м<sup>3</sup> с отделкой цементно-песчаной штукатуркой ( $R_w = 47$  дБ);

- толщиной 150 мм и плотностью D900 и D1000 кг/м<sup>3</sup> без отделки ( $R_w = 47$  дБ).

## Библиографический список

СТО НААГ 3.1-2013 Конструкции с применением автоклавного газобетона в строительстве зданий и сооружений. Правила проектирования и строительства. - Санкт-Петербург: 2013. - 173 с.

СП 23-103-2003 Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий. - М.: Госстрой СССР, 2004. - 34 с.

ГОСТ 27296-87 Защита от шума в строительстве. Звукоизоляция ограждающих конструкций. Методы измерения. - М.: Изд-во стандартов, 1987. - 21 с.

## SOUND INSULATION PROPERTIES OF GAS-CONCRETE WALLS

Bernatsky A.F., Doctor of Technical Sciences, Professor

Semikin P.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kryachkov Novosibirsk State University of Architecture, Design and Arts

***Abstract.** The article deals with methods of calculation and calculation data insulation properties of inter room and inter apartment walls and partitions made of concrete. Data of calculation of indices of air noise insulation by protecting constructions made of gas-concrete blocks of 100, 120, 150, 200, 240, 250, 300, 350 u 400 mm thickness of average density of D600 and D700 kg/m<sup>3</sup>, by non-plastered and plastered gypsum plaster of 3 mm thickness and cement-sand plaster of 10 mm thickness are given. Data of actual measurement of insulation of air sound considered in settlement of partitions made of gas-concrete blocks are presented.*

***Keywords:** sound insulation, gas-concrete, properties, air noise.*