

Теплотехнический расчет трехслойной стеновой панели на гибких связях.

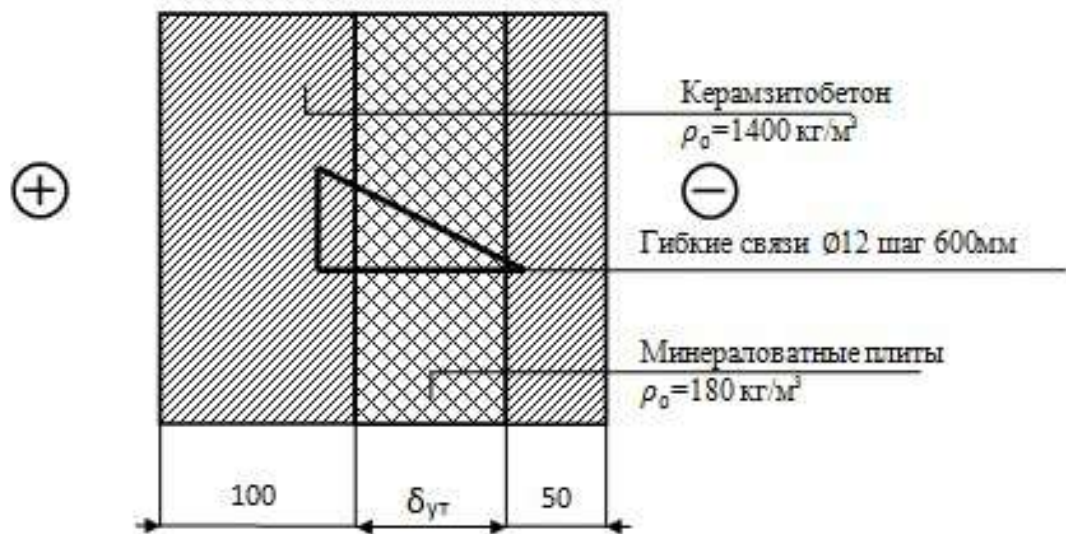


Схема стеновой панели

Исходные данные для расчета:

Район строительства – г. Воронеж

$t_n = t_{5.92} = -24^{\circ}\text{C}$; $t_{om} = -2,5^{\circ}\text{C}$; $Z_{om} = 190$ сут. (СП 131.13330.2012
табл 3.1. колонки 5,12,11)

$t_B = 15^{\circ}\text{C}$; $\varphi = 55\%$ (ГОСТ 30494)

По СП 50.13330.2012 определяем:

- Влажностный режим помещения – нормальный (табл.1)
- Зона влажности района строительства – 3 (сухая) (прил. В)
- Условия эксплуатации ограждающих конструкций – А (табл.2)

По СП 50.13330.2012 находим расчетные коэффициенты теплопроводности материалов (прилож. Т табл.Т.1 стр. 82-94)

- Керамзитобетон $\rho_0 = 1400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $\lambda = 0,56 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$
- Минераловатные плиты $\rho_0 = 180 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $\lambda = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$

В проектируемом здании тепловая защита будет обеспечена, если соблюдены требования показателей «а» и «в»:

а – приведенное сопротивление теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкции должно быть не менее нормируемых значений R_0^{np} , $\text{м}^2 \cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;

б - санитарно-гигиенического требования, в соответствии с которым расчетный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой поверхности ограждающей конструкции не должен превышать нормируемых значений Δt_n , $^{\circ}\text{C}$.

1. Толщину утеплителя определяем исходя из условий соблюдения требований показателя «а».

Приведенное сопротивление теплопередаче R_o , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, наружной стены из панелей на гибких связях следует принимать не менее значения R_o^{mp} , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, определяемого по табл. 3 СП 50.13330.2012 колонка 3 в зависимости от градусо-суток района строительства ГСОП, $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$:

$$\text{ГСОП} = (t_e - t_{om}) Z_{om}, ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$$

где t_{om} , Z_{om} - средняя температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$, и продолжительность, сут/год, отопительного периода, принимаемые по своду правил для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8°C , а при проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых не более 10°C ;

В нашем случае $\text{ГСОП} = [15 - (-2,5)] \cdot 190 = 3325^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$

$$R_o^{mp} = a \cdot \text{ГСОП} + b = 0,0002 \cdot 3325 + 1,0 = 1,665 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

где a , b – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы 3 50.13330.2012 для соответствующих групп зданий.

Приведенное сопротивление теплопередаче наружной панельной стены определяем по формуле:

$$R_o = (1/\alpha_e + \delta_1/\lambda_1 + x/\lambda_2 + \delta_3/\lambda_3 + 1/\alpha_n) \cdot r,$$

Где r – коэффициент теплотехнической однородности (в нашем случае $r = 0,87$)

α_e – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по табл. 4 СП 50.13330.2012 (в нашем случае $\alpha_e = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$);

α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, принимаемый по табл. 6 СП 50.13330.2012

В рассматриваемом примере $\alpha_n = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. Для поверхности, обращенной в сторону вентилируемой прослойки $\alpha_n = 10,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

$$R_k = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3};$$

Где δ_i и λ_i – толщина, м и расчетный коэффициент теплопроводности материала i -того слоя, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, принимаемый с учетом условий эксплуатации конструкций по табл. Т.1 СП 50.13330.2012

Приведенное сопротивление теплопередаче трехслойной панели на гибких связях с учетом $r=0,87$:

$$R_o = \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{0,56} + \frac{\delta_2}{0,045} + \frac{0,05}{0,56} + \frac{1}{23} \right) \cdot r;$$

$$R_0 = \left(0,115 + 0,179 + \frac{\delta_2}{0,045} + 0,089 + 0,043 \right) 0,87 = \left(0,426 + \frac{\delta_2}{0,045} \right) 0,87 \geq 1,665 = R_0^{np}$$

Откуда толщина утеплителя:

$$\delta_2 \geq \left(\frac{1,665}{0,87} - 0,426 \right) \cdot 0,045 = 0,067 \approx 0,05 \text{ м}$$

Суммарная толщина панели:

$$\delta = 0,1 + 0,05 + 0,05 = 0,20 \text{ м}$$

Фактическое приведенное сопротивление теплопередаче панельной стены:

$$R_0 = \left(0,426 + \frac{0,05}{0,045} \right) \cdot 0,87 = 1,337 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

2. Проверяем соблюдение требования показателя «б» (санитарно-гигиенических условий.)

Расчетный температурный перепад Δt_0 , $^\circ\text{C}$ между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции не должен превышать нормируемой величины Δt_n , $^\circ\text{C}$ (табл. 5 СП 50.13330.2012) и определяется по формуле :

$$\Delta t_0 = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{R_0^{\phi} \cdot \alpha_s} \leq t_{\text{в}} - t_p \text{ и не более } 7 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (стр.6)}$$

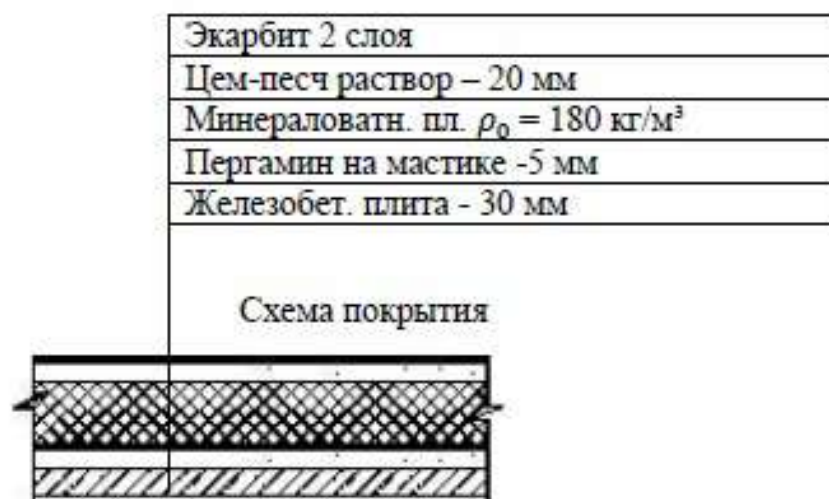
t_p - температура точки росы, определяемая по таблице приложения Р (стр. 108-109) СП 23-101-2001 с учетом ϕ . В данном случае $t_p = 6,04 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Подставив в формулу значение величин, получаем :

$$\Delta t_0 = \frac{(15+24)}{1,337 \cdot 8,7} = 3,35 < 15 - 6,04 = 8,96 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Условие требования показателя «б» выполняется.

Теплотехнический расчет покрытия



Расчетные коэффициенты теплопроводности материалов конструкции покрытия (с учетом условий эксплуатации констр. А (по табл. Т.1 прил. Т СП 50. 13330.2012)

- Железобетон $\rho_0 = 2500 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 1,92 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$;
- Пергамин на мастике $\lambda = 0,17 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$;
- Минераловатные плиты $\rho_0 = 180 \text{ кг/м}^3$; $\lambda = 0,045 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$;
- Цем-песчан раствор $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$; $\lambda = 0,76 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$;
- Экарбит $\lambda = 0,17 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$.

Толщину утеплителя определяем исходя из условий соблюдения требования показателя «а», по которому приведенное сопротивление теплопередаче R_0 , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$ покрытия должно быть не менее нормируемого значения R_0^{np} , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$, определяемого по табл.3 СП 50.13330.2012 колонке 4 в зависимости от градусо-суток района строительства ГСОП, $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$:

ГСОП = 3325 $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$ (см. выше)

$$R_0^{np} = a \cdot \text{ГСОП} + 6 = 0,00025 \cdot 3325 + 1,5 = 2,331 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$$

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции покрытия с последовательно расположенными слоями :

$$R_0 = 1/\alpha_s + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \delta_3/\lambda_3 + \delta_4/\lambda_4 + \delta_5/\lambda_5 + 1/\alpha_n$$

$$R_0 = \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{1,92} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{\delta_3}{0,045} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,015}{0,17} + \frac{1}{23} \right) \geq R_0^{np} = 2,331 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$$

Откуда толщина утеплителя δ_3 :

$$\begin{aligned} \delta_3 &\geq (2,331 - 0,115 - 0,016 - 0,029 - 0,026 - 0,088 - 0,043) \cdot 0,045 = \\ &= (2,331 - 0,317) \cdot 0,045 = 0,0906 \approx 0,09 \text{ м} \end{aligned}$$

$$R_0^{\phi} = 0,317 + \frac{0,09}{0,045} = 2,317 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

Проверяем соблюдение требования показателя «б».

Расчетный температурный перепад $\Delta t_0, ^\circ\text{C}$. Между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции не должен превышать нормируемой величины $\Delta t_n, ^\circ\text{C}$, приведенной в табл.5 СП 50.13330.2012

$$\Delta t_0 = \frac{(t_s - t_n)}{R_0^{\phi} \cdot \alpha_s} \leq 0,8(t_s - t_p), \text{ и не более } 6^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_0 = \frac{(15 + 24)}{2,317 \cdot 8,7} = 1,93 \leq 0,8(15 - 6,04) = 7,17^\circ\text{C}$$

Требование показателя «б» выполняется.



Теплотехнический расчет наружной стены

Требуется определить необходимую толщину утеплителя для наружной стены жилого дома, расположенного в г. Воронеже. Схема конструкции приведена на рис.1.

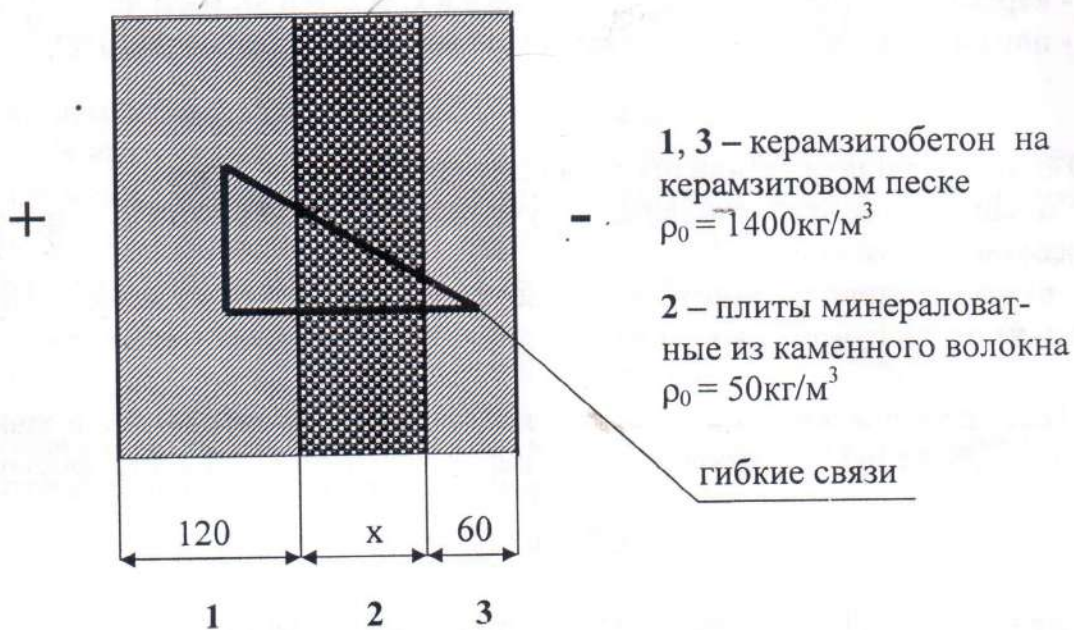


Рис.1. Конструкция наружной стены жилого дома

Исходные данные:

Параметры внутреннего воздуха для жилого дома
 — температура $t_{\text{в}} = 20^{\circ}\text{C}$; (для пром. зданий — по ГОСТ 30494).
 — относительная влажность $\varphi_{\text{в}} = 55\%$.

Климатические параметры для г. Воронежа из СП 131.13330.2012 Строительная климатология (Актуализированная версия СНиП 23-01-99*)

- температура наиболее холодной пятидневки $t_5^{0,92} = -24^{\circ}\text{C}$ (табл.3.1, колонка 5);
- продолжительность отопительного периода $Z_{\text{от}} = 190$ сут (табл.3.1, колонка 11);
- средняя температура отопительного периода $t_{\text{от}} = -2,5^{\circ}\text{C}$ (табл.3.1, колонка 12);

Примечание: При проектировании лечебно-профилактических, детских учреждений и домов-интернатов для престарелых значения $L_{от}$ и $t_{от}$ принимаются из колонок 13 и 14 табл. 3.1.

Определяем условия эксплуатации ограждающей конструкции в соответствии с **СП 50.13330.2012** Тепловая защита зданий (Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003)

- влажностный режим помещения – нормальный (табл.1);
- зона влажности территории – сухая (прил.В);
- условия эксплуатации ограждения – А (табл.2).

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности материалов находим из табл.Т.1, колонка 7 (при условии эксплуатации Б – колонка 8).

- керамзитобетон на керамзитовом песке $\lambda_1 = \lambda_3 = 0,56 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;
- плиты минераловатные из каменного волокна $\lambda_2 = 0,041 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$.

Тепловую защиту здания проверяем по требованиям а) и в):

а) сопротивление теплопередаче участка стены должно быть не менее требуемого значения $R_0^{\text{тр}}$;

в) температура на внутренней поверхности должна быть не ниже минимально допустимого значения (санитарно-гигиеническое требование).

Требуемое значение сопротивления теплопередаче определяем в зависимости от градусо-суток отопительного периода ГСОП по табл.3 по формуле

$$R_0^{\text{тр}} = a \text{ ГСОП} + b.$$

где $a = 0,00035$; $b = 1,4$ (по табл.3 для стен жилых зданий);

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) Z_{\text{от}} = (20 - (-2,5)) \cdot 190 = 4275^\circ\text{С сут.}$$

Тогда

$$R_0^{\text{тр}} = 0,00035 \cdot 4275 + 1,4 = 2,896 \text{ м}^2\text{С/Вт.}$$

Приведенное сопротивление теплопередаче участка стены определяем по формуле

$$R_0 = (1/\alpha_{\text{в}} + \delta_1/\lambda_1 + x/\lambda_2 + \delta_3/\lambda_3 + 1/\alpha_{\text{н}}) \cdot r,$$

где $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/м}^2\text{С}$ (табл.4) – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности;

$\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт/м}^2\text{С}$ (табл.6) – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности;

$r = 0,85$ – коэффициент теплотехнической однородности.

Подставляя найденные значения параметров, получим

$$\begin{aligned} R_0 &= (1/8,7 + 0,12/0,56 + x/0,041 + 0,06/0,56 + 1/23) \cdot 0,85 = \\ &= (0,115 + 0,214 + x/0,041 + 0,107 + 0,043) \cdot 0,85 = (0,479 + x/0,041) \cdot 0,85 \geq 2,896 \end{aligned}$$

Решая неравенство, получим

$$x \geq (2,896/0,85-0,479)0,041 = 0,120\text{м.}$$

Суммарная толщина стеновой панели равна

$$0,120 + 0,120 + 0,060 = 0,300\text{м.}$$

Действительное сопротивление теплопередаче стены равно

$$R_0 = (0,479+0,12/0,041)0,85 = (0,479+2,927)0,85 = 2,895 \text{ м}^2\text{°C/Вт.}$$

Проверяем соблюдение требования показателя в).

Для наружных стен жилых зданий значение нормируемого температурного перепада между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности находим в табл.5 $\Delta t^H = 4,0\text{°C}$.

Расчетный температурный перепад вычислим по формуле

$$\Delta t_0 = (t_b - t_n) / R_0 \alpha_b = (20 - (-24)) / 2,895 * 8,7 = 1,75\text{°C} < 4,0\text{°C}.$$

Условие выполняется, следовательно в процессе эксплуатации конденсат на внутренней поверхности стены не образуется.

	t_n	$t_{от}$	$t_{от}$	зонн.- б.лижн.	условн. зонал.	$\Gamma_{20\text{H}}$	R_0	α_b	Δt^H
Курск	-24	194	-2,3	2-ноя	Б	4326	2,914	4,363	
Рязань	-27	208	-3,5	2-ноя	Б	4888	3,111	4,644	
Пекза	-27	200	-4,1	3-суд	А	4620	3,087	4,610	
Вологда	-32	228	-4,0	2-ноя	Б	5472			
Липецк	-27	202	-3,4	3-суд	А	4726,8	3,054	4,563	
Ворокум	-24	190	-2,5	3-суд	А	4275	2,898	4,337	
Шосква	-25	205	-2,2	2-ноя	Б	4551	2,993	4,475	
Тамбов	-28	201	-3,7	3-суд	А	4763,7	3,067	4,582	
Ростов-на-Дону	-19	166	-0,1	3-суд	А	3336,6	2,568	3,868	
Белгород	-23	191	-1,9	3-суд	А	4182,9	2,864	4,291	
ТЧАА	-27	207	-3,0	2-ноя	Б	4761	3,066	4,581	
Смоленск	-25	209	-2,0	2-ноя	Б	4598	3,009	4,499	

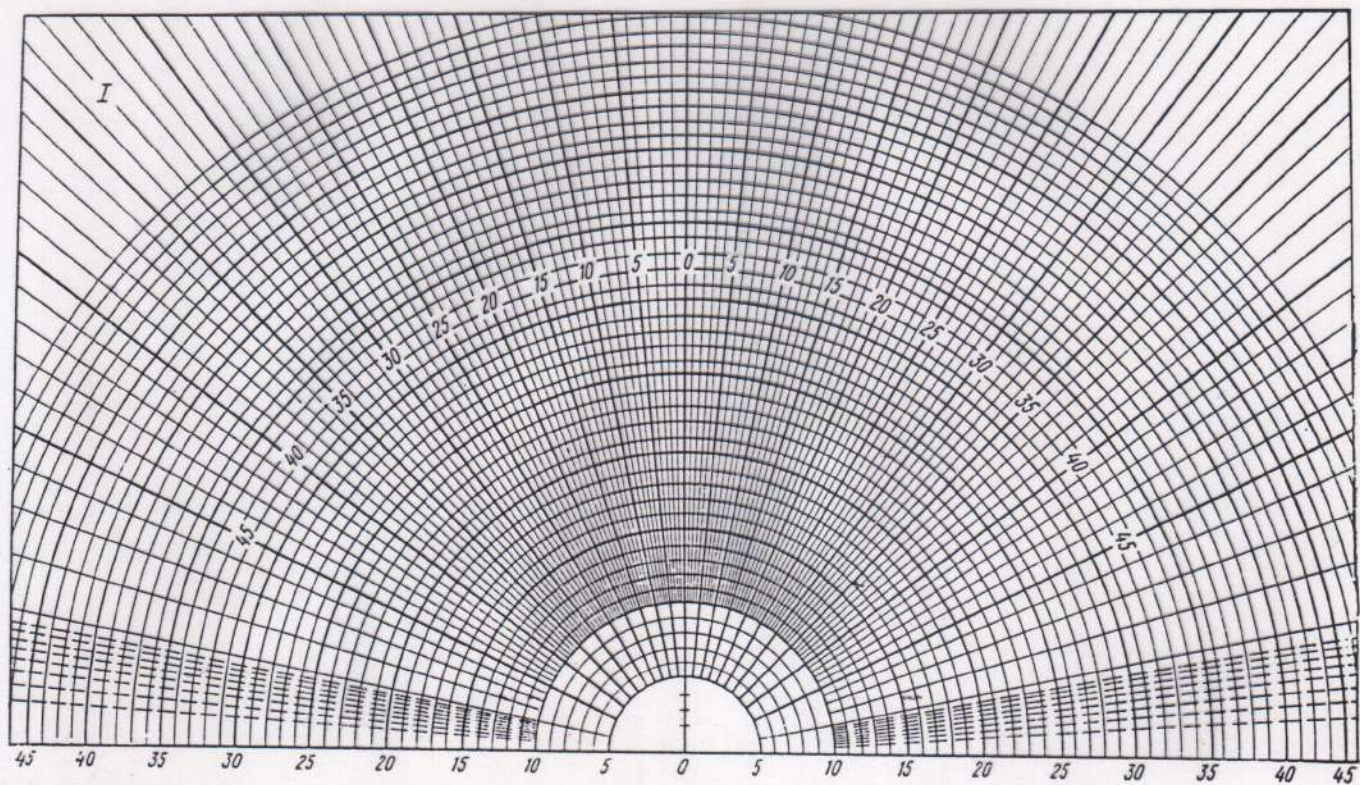


Рис. III-3. График I А. М. Данилюка для подсчета n_1 и n'_1

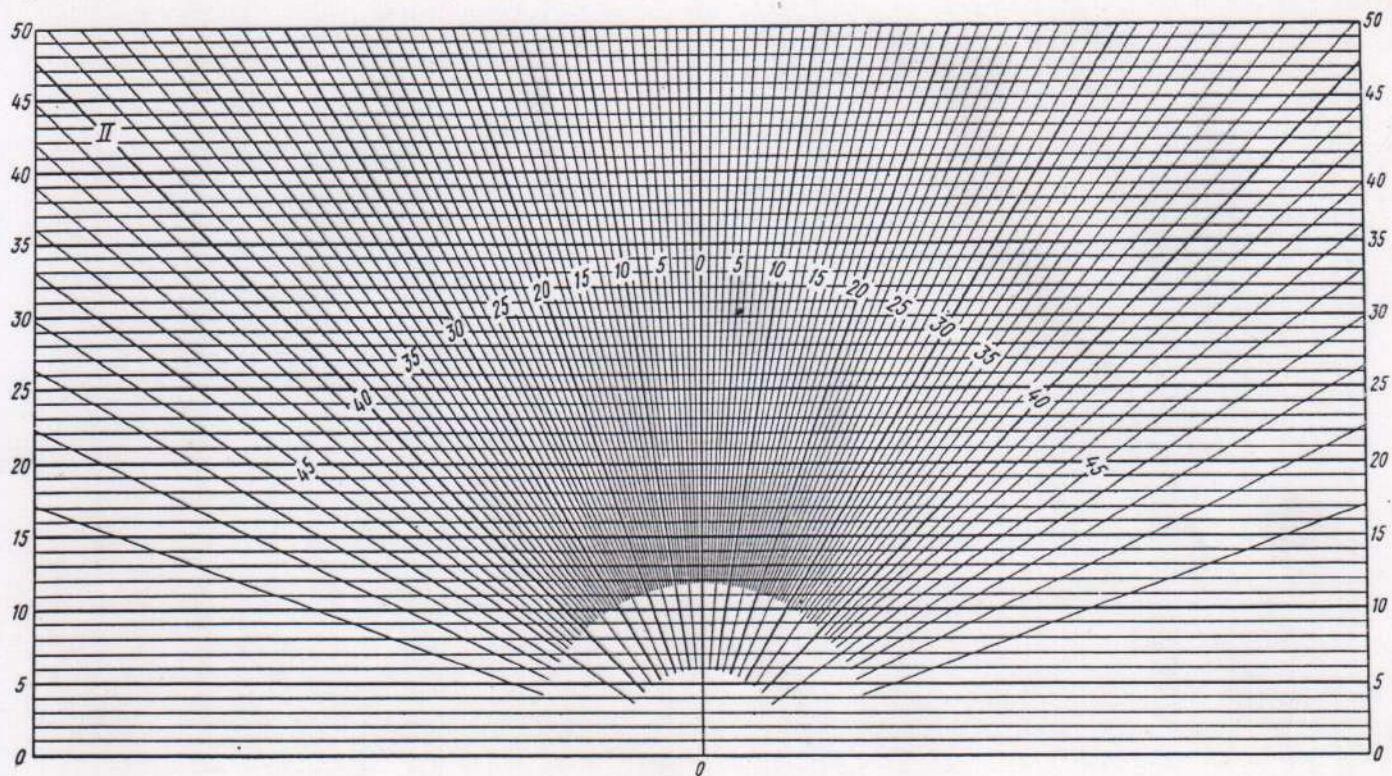
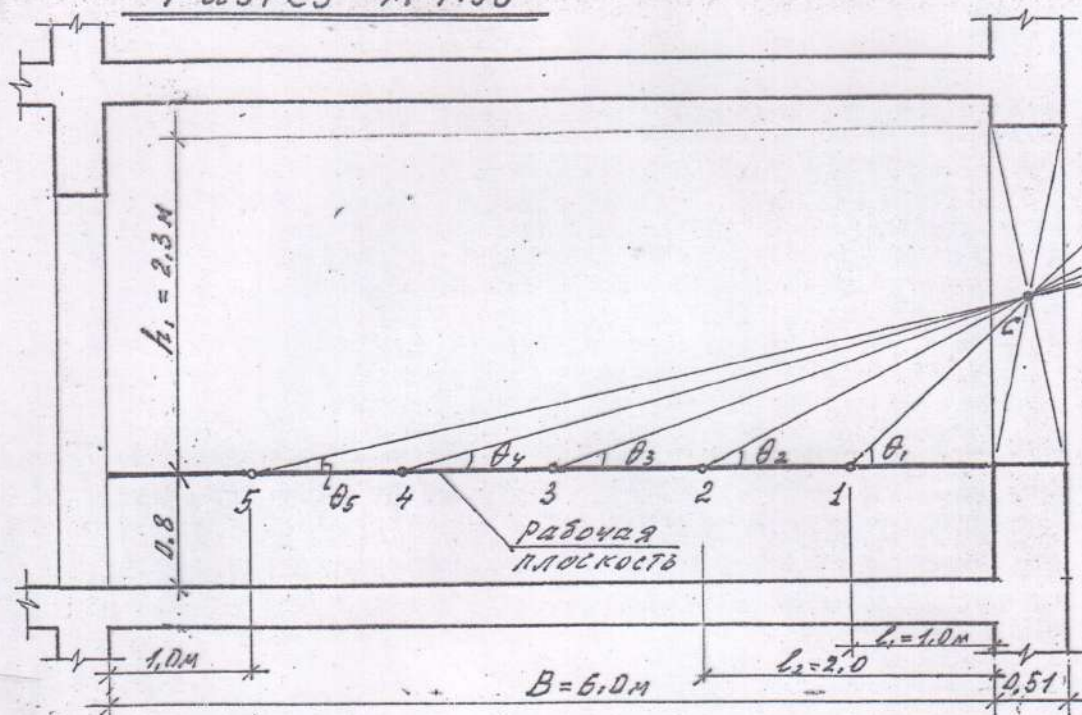
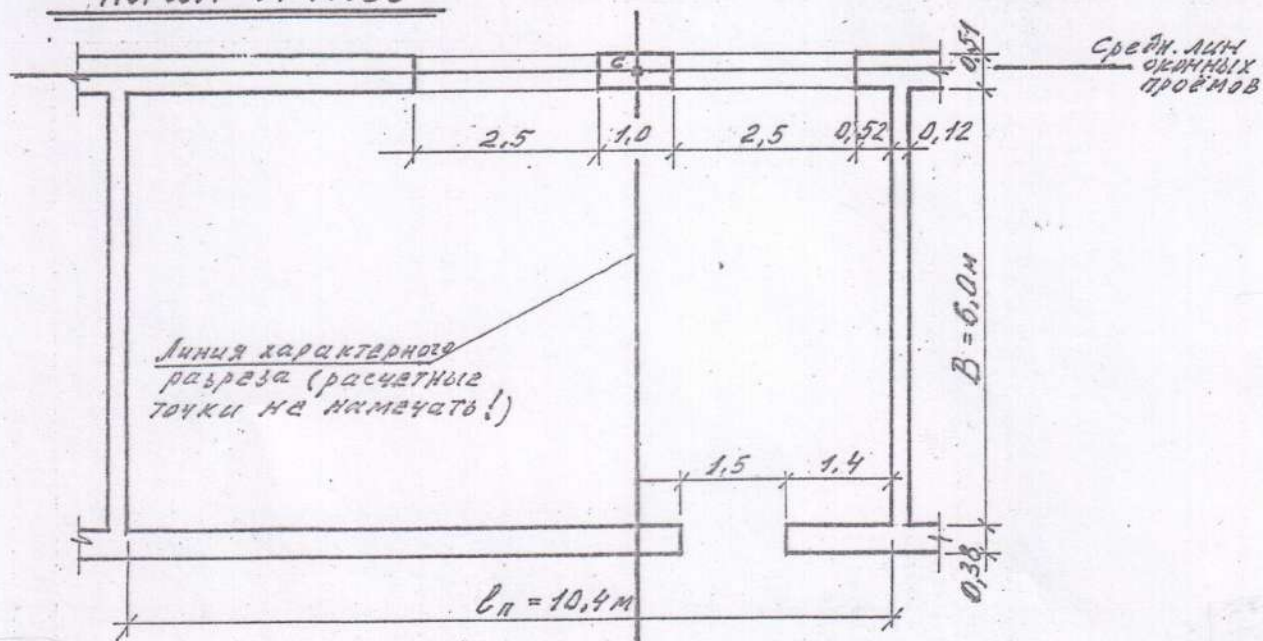


Рис. III-4. График II А. М. Данилюка для подсчета n_2 и n'_2

Разрез М 1:50



План М 1:100



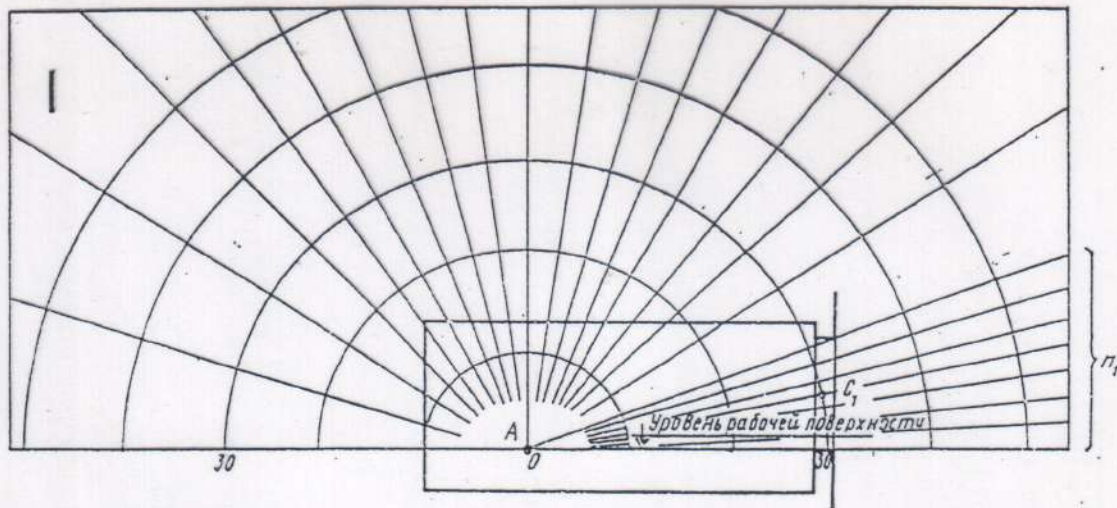


Рис. 5. Определение количества лучей n_1 , проходящих через световые проемы в стене при боковом освещении, по графику I

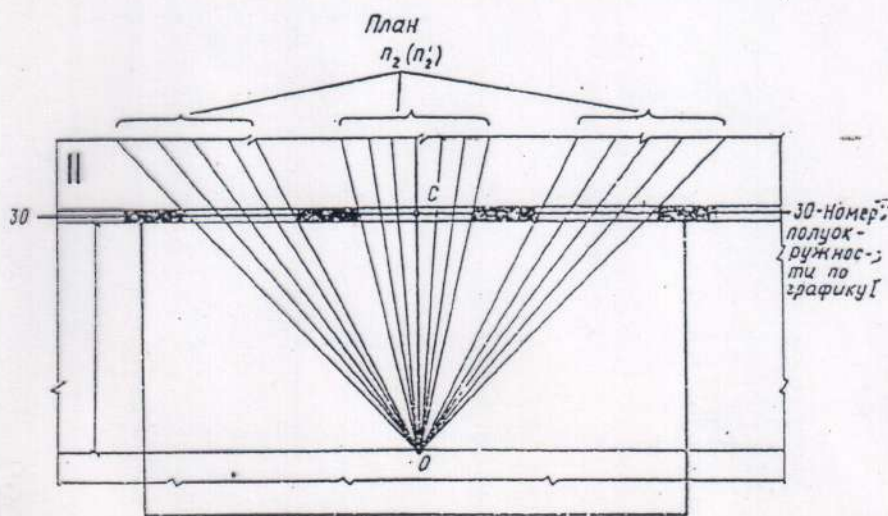


Рис. 6. Определение количества лучей n_2 и n_2' , проходящих через световые проемы в стене при боковом освещении, по графику II.

КЕО при боковом освещении рассчитывается по формулам

$$e_p^{\delta} = (E_{\delta} \cdot q + E_{39} \cdot R) \cdot \frac{\sum \tau_i}{K_3} \% - \text{при наличии затеняющ. здания} \quad e_p^{\delta} = E_{\delta} \cdot q \cdot \frac{\tau_0}{K_3} \% - \text{при отсутствии затеняющ. здания.}$$

№№ то- чек	По графикам I и II Данилюка			$E_{\delta} = \frac{n_1 \cdot \sum n_2}{100}$	θ°	q	Данные для определения τ_1				τ_1	Данные для определения τ_0					τ_0	K_3	e_p^{δ}
	n_1	$N_{\text{пол.}}$	$\sum n_2$				B/n_1	l/B	R_{cp}	$l_{\text{п}}/B$		τ_1	τ_1	τ_2	τ_3	τ_4			
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			

E_{δ} - геом. КЕО, %

q - по табл. 35, рис. 1

τ_1 - по табл. 30

$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5$

(табл. 28, 29)

K_3 - по табл. 3

n_1 - колич. лучей по граф. I;

$N_{пол.}$ - по графику I;

$\sum n_2$ - колич. лучей по граф. II.

R_{cp} - средневзв. коэф. отражени. ст. стен, потолка и пола помещ.

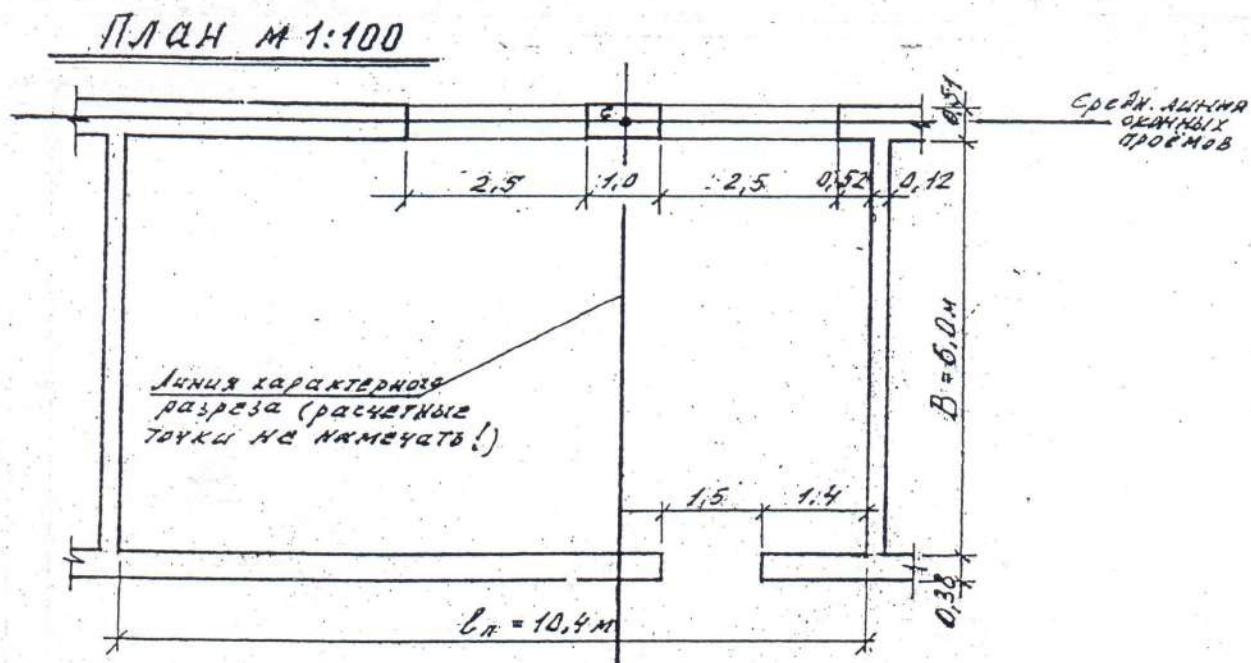
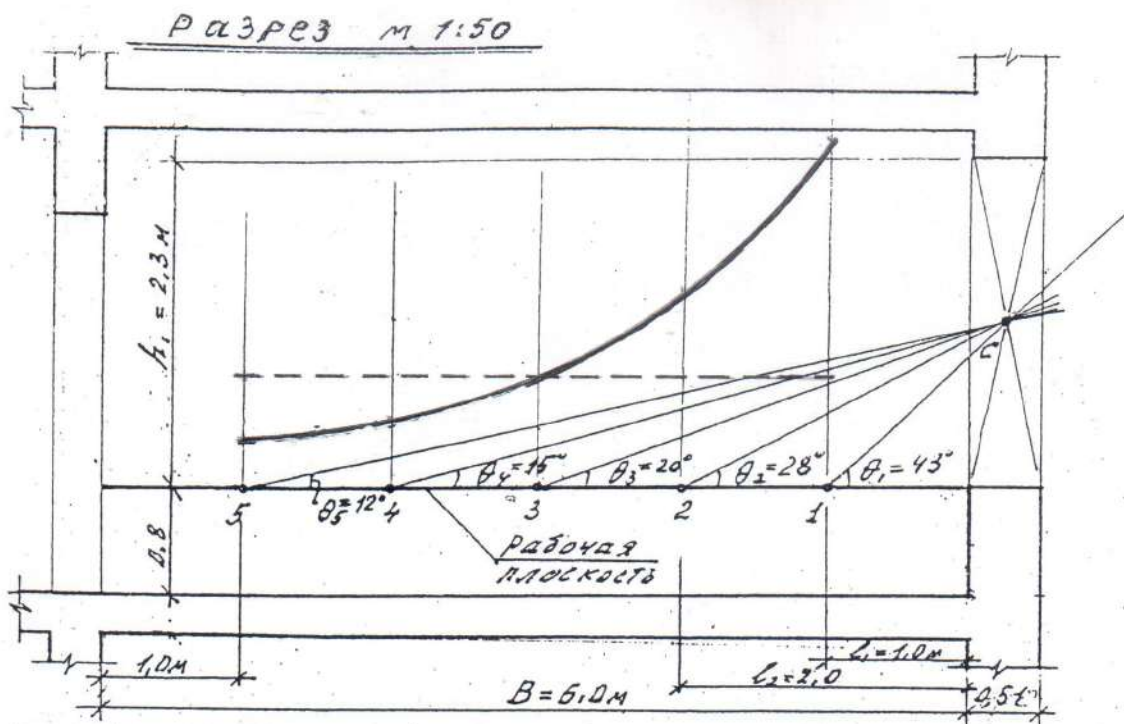
θ - угловая выс. центра ок. проема.

B - глубина помещ., м.

h - расст. от раб. плоск. до верха окна

l - расст. от внутр. пов. стены до каждой рассетн. точки, м.

$l_{п}$ - длина помещення, м.



КЕО при боковом освещении рассчитывается по формулам

$$E_p^5 = (E_{\Sigma} \eta + E_{\Sigma} R) \tau_1 \frac{\tau_2}{K_3} \% \text{ - при наличии затеняющ. экранов} \quad E_p^5 = E_{\Sigma} \eta \cdot \tau_1 \cdot \frac{\tau_2}{K_3} \% \text{ - при отсутствии затеняющ. экранов}$$

№ № то-чек	по графикам Ин в Диналюка			$E_{\Sigma} = \frac{\kappa \cdot \Sigma \eta}{100}$	θ°	η	данные для определения τ_1				τ_1	данные для определения τ_2					τ_2	K_3	E_p^5
	κ_1	$\kappa_{пол}$	$\Sigma \eta_2$				B/κ_1	b/B	$\rho_{ср}$	l_0/B		τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	τ_5			
1	21	11,5	50	10,5	43	1,01	2,6	0,167	0,4	1,73	1,035								4,75
2	12,5	17,5	54	6,75	28	0,83	2,6	0,33	0,4	1,73	1,1								2,67
3	7,5	24	52	3,9	20	0,72	2,6	0,5	0,4	1,73	1,2	0,8	0,65	1	1	1	0,52	1,2	1,46
4	5	31	50	2,5	15	0,65	2,6	0,67	0,4	1,73	1,37								0,96
5	3,6	37,5	44	1,58	12	0,61	2,6	0,83	0,4	1,73	1,67								0,697

E_{Σ} - экв. КЕО, %

η - по табл. 25, рис. 1

τ_1 - по табл. 30

$\tau_2 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5$
(табл. 28, 29)

K_3 - по табл. 3

κ_1 - колич. лучей по граф. I;

$\kappa_{пол}$ - по графикам I;

$\Sigma \eta_2$ - колич. лучей по граф. II;

$\rho_{ср}$ - средн. св-ва коэф. отражения стен, потолка и пола помещения.

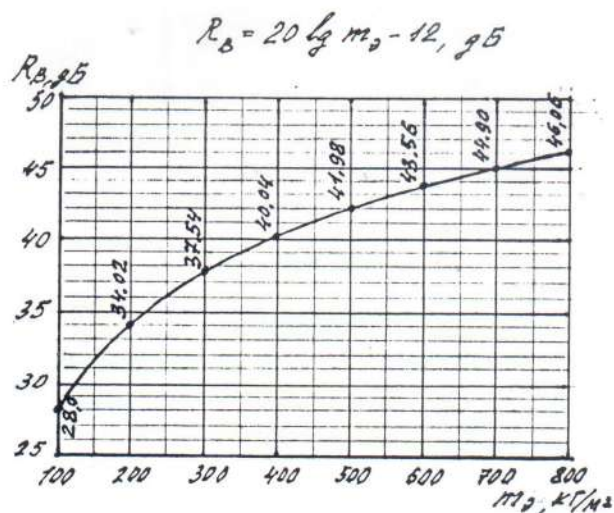
θ - угловая выс. центра ок. проёма.

B - глубина помещения, м.

b - расст. от раб. плоск. до верха окна

l_0 - расст. от внутр. пов. стены до каждой расчётн. точки, м.

l_p - длина помещения, м.



Вариант 1

Определить индекс
изоляции воздушного
шума R_n перегородкой
из тяжелого бетона
 $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$ толщиной
 $h = 100 \text{ мм}$.

Поверхностная
плотность ограждения:

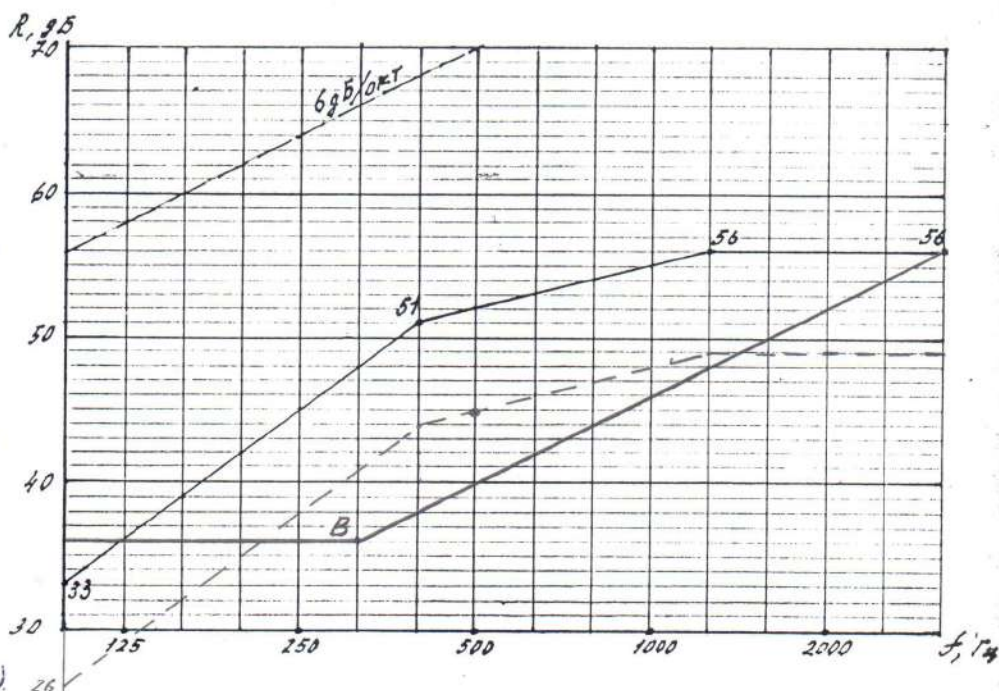
$$m = 2500 \cdot 0,1 = 250 \text{ кг/м}^2$$

$$R_B = 36 \text{ gB}$$

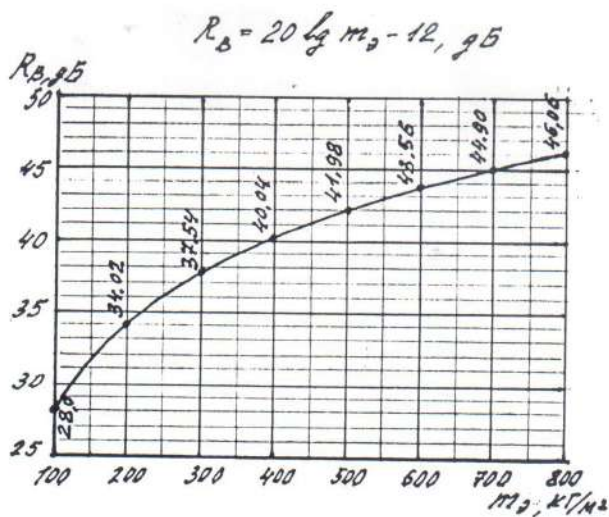
$$f_B = \frac{29000}{h} = \frac{29000}{100} =$$

$$= 290 \approx 315 \text{ Гц (округ- 30)}$$

лем до стандартн. частоты) 26

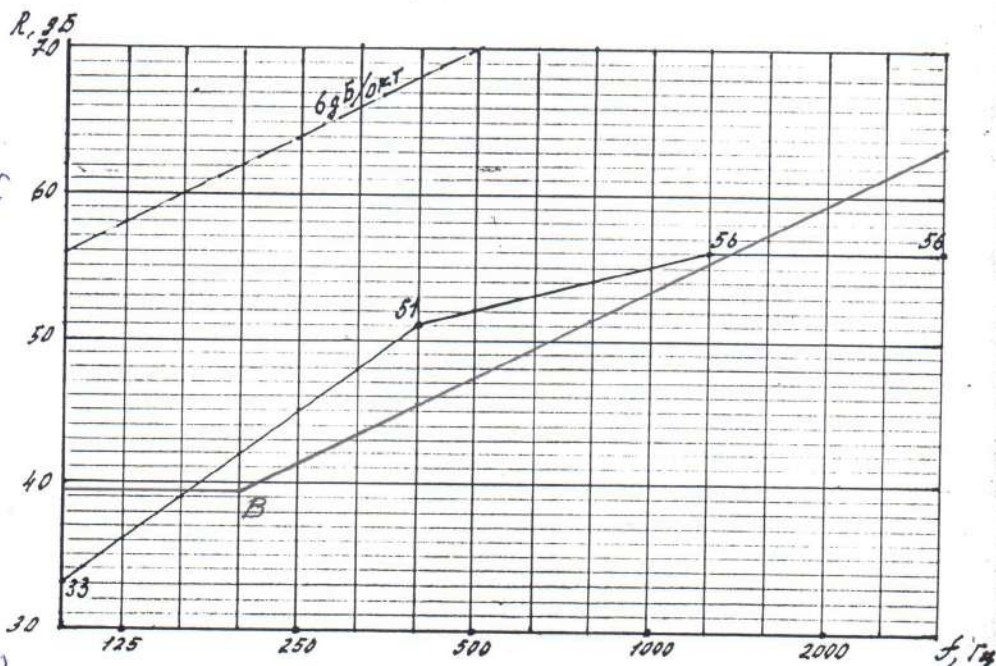


№ п.п.	Параметры	Среднегеометрические частоты 1/3-октавн. полос, Гц																Сумма нрвд. откл
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
1	Оценочная кривая, ЗВ	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	
2	Расчетная частотная характеристика, R, ЗВ	36	36	36	36	36	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	
3	Неблагоприятные отклонения, ЗВ	-	-	3	6	9	12	13	12	11	10	9	8	6	4	2	-	$\frac{105}{16} = 6,55$
4	Оценочная кривая, смещенная на 7 ЗВ вниз	26	29	32	35	38	41	44	45	46	47	48	49	49	49	49	49	
5	Неблагопр. отклонения от смещенной оценочн. кривой, ЗВ	-	-	-	-	2	5	6	5	4	3	2	1	-	-	-	-	$\frac{28}{16} = 1,75$
6	Индекс изоляции воздушного шума, R _в , ЗВ	45																

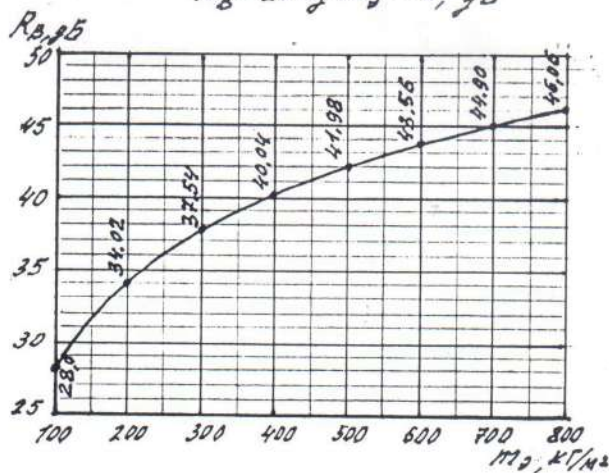


Барчанг 2.

$= 193 \approx 200$ т. (округ-
ляем до стандартн. частей)

[illegible]

$$R_0 = 20 \lg m_0 - 12,95$$



Плотность материала констр., $\gamma, \text{кг/м}^3$	$f_{\text{в}}, \text{ГПа}$
≥ 1800	29 000 / 4
1600	31 000 / 4
1400	33 000 / 4
1200	35 000 / 4
1000	37 000 / 4
800	39 000 / 4
600	40 000 / 4

Примечание
h - толщ. ограждения, мм.

Вариант 3

Определить индекс изоляции воздушного шума R_w перегородкой из керамзитобетона $\delta = 1600 \text{ кг/м}^3$ толщиной $h = 200 \text{ мм}$.

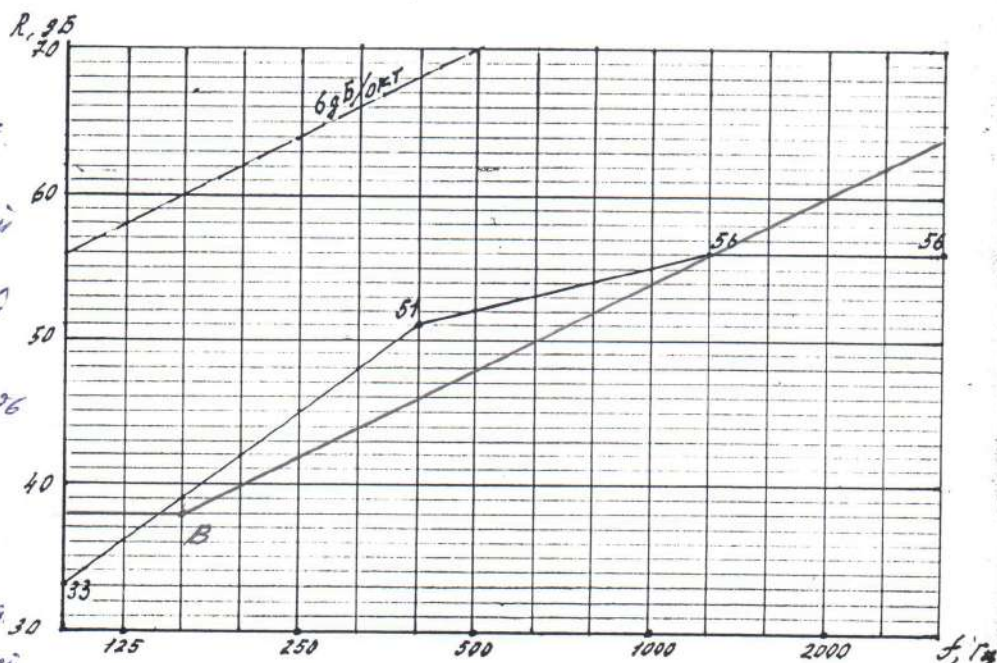
Поверхностная клеточность
ограничена:

$$K_2 = 1600 \cdot 0,2 = 320 \text{ Кг/м}^2$$

$$R_B = 38.5$$

$$f_B = \frac{31000}{h} = \frac{31000}{200} = 155 \approx 160 \text{ Hz}$$

(округлен до стандартной
частоты).

[illegible]