

**Общество с ограниченной ответственностью
ООО «ГОРОД»**

Выписка из реестра саморегулируемой организации
06 октября 2017г № 132-17/079-03-ВР Саморегулируемая организация
Ассоциация «Проектный комплекс «Нижняя Волга»

**Теплотехнические расчеты
наружных стен из газобетонных блоков
по номенклатуре выпускаемых изделий
ООО «ГБЗ-1» г. Волжский
для г. Волгоград (г. Волжский)**

527-2017-ТР.1

Директор

Чиков В.П.

Главный инженер проекта

Чиков В.П.

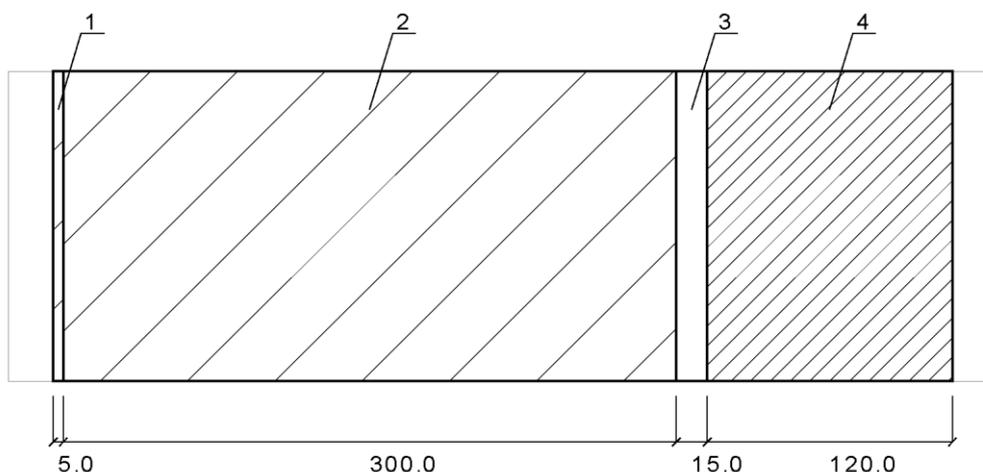
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Волжский 2017г

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНОЙ СТЕНЫ С ОБЛИЦОВКОЙ КИРПИЧЕМ

1. Жилое здание в г. Волгограде (г. Волжском). Стены из газобетонных блоков производства ООО «ГБЗ-1» г. Волжский, толщиной 300 мм. С внутренней стороны оштукатурены гипсовой штукатуркой «Волма-Слой» толщиной 5мм, с наружной стороны предусмотрена отделка из силикатного кирпича толщиной 120мм.

2. Конструкция стены:



№ слоя	Материал	Плотность, кг/м ³	Толщина, м	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	Коэффициент паропроницаемости, мг/м·ч·Па
1	гипсоперлитовый раствор	600	0.005	0.3	0.23
2	газобетонный блок D450	456	0.3	0.106	0.21
3	воздушная прослойка			$R=0.15 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)}/\text{Вт}^1$	
4	силикатный кирпич	1800	0.12	0.7	0.11

3. Проверка соответствия требованиям к теплозащитной оболочке здания.

3.1. Требуемое сопротивление теплопередаче стены является функцией числа градусо-суток отопительного периода (ГСОП)²:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \times z_{\text{от}} = (20 - (-2.3)) \times 176 = 3924.8 \text{ °С сут/год}$$

Базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, м²·°С/Вт, для величины ГСОП, определяем по формуле:³

$$R_0^{\text{ТР}} = a \times \text{ГСОП} + b = 0.00035 \times 3924.8 + 1.4 = 2.7737 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)}/\text{Вт}$$

3.2. Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции следует определять по формуле:

$$R_0^{\text{НОРМ}} = R_0^{\text{ТР}} \times m_p = 2.7737 \times 1 = 2.7737$$

3.3. Расчетное (условное) сопротивление теплопередаче стены определяем расчетом по формуле⁴:

$$R_0^{ysl} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_S R_S + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.005}{0.3} + \frac{0.3}{0.106} + 0.15 + \frac{0.12}{0.7} + \frac{1}{12} = 3.367(\text{м}^2 \times \text{°C})/\text{Вт}$$

3.4. Приведенное сопротивление рассчитывается по формуле⁵:

$$R_0^{np} = R_0^{ysl} \times r$$

коэффициент теплотехнической однородности $r=0.85$ ⁶:

$$R_0^{np} = 3.367 \times 0.85 = 2.8616$$

3.5. Сравнение нормируемого и приведенного сопротивления

$$R_0^{норм} < R_0^{np}$$

Вывод: предложенная конструкция удовлетворяет требованиям СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) "Тепловая защита зданий"

4. Расчет защиты от переувлажнения ограждающей конструкции

4.1. Суммарное сопротивление паропроницанию $R_{п,0}$ ⁷:

$$R_{п,0} = \sum R_{ni} = \frac{0.005}{0.23} + \frac{0.3}{0.21} + \frac{0.12}{0.11} = 2.5412(\text{м}^2 \times \text{ч} \times \text{Па})/\text{мг}$$

4.2. Значение температур в плоскости максимального увлажнения для каждого слоя конструкции⁸:

Слой конструкции	f(тм.у.)	тм.у	tmax	tmin	emax	emin
гипсоперлитовый раствор	85.42	5.542	19.08	18.95	1273.14	1264.92
газобетонный блок D450	220.72	-9.0589	18.95	-3.6658	1264.92	725.07
силикатный кирпич	17.51	27.96	-4.8644	-6.2341	725.07	312.82

4.3. Плоскость максимального увлажнения расположена на наружной поверхности конструкции.⁹

Сопротивление паропроницанию до плоскости максимального увлажнения $R_{п,0}=2.5412$

4.4. Требуемое сопротивление паропроницанию (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации)¹⁰:

$$R_{п1}^{тр} = \frac{(e_B - E) \times R_{п,н}}{E - e_H} = \frac{(1273.14 - 1325.03) \times 0}{1325.03 - 800} = 0(\text{м}^2 \times \text{ч} \times \text{Па})/\text{мг}$$

4.5. Требуемое сопротивление паропроницанию (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха)¹¹:

$$R_{п2}^{тр} = \frac{0.0024 \times z_0 \times (e_B - E_0)}{\rho_w \times \delta_w \times \Delta_w + \eta} = \frac{0.0024 \times 122 \times (1273.14 - 421.04)}{1.3431 \times 0 \times 3 + \infty} = 0(\text{м}^2 \times \text{ч} \times \text{Па})/\text{мг}$$

4.6. Сопротивление паропроницанию ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения) должно быть не менее наибольшего из требуемых сопротивлений паропроницанию¹²:

$$R_{тр} = \max\{R_{п1}^{тр}, R_{п2}^{тр}\} = 0 < 2.5412$$

Сопротивление паропроницанию внутренних слоев конструкции обеспечивает защиту от переувлажнения

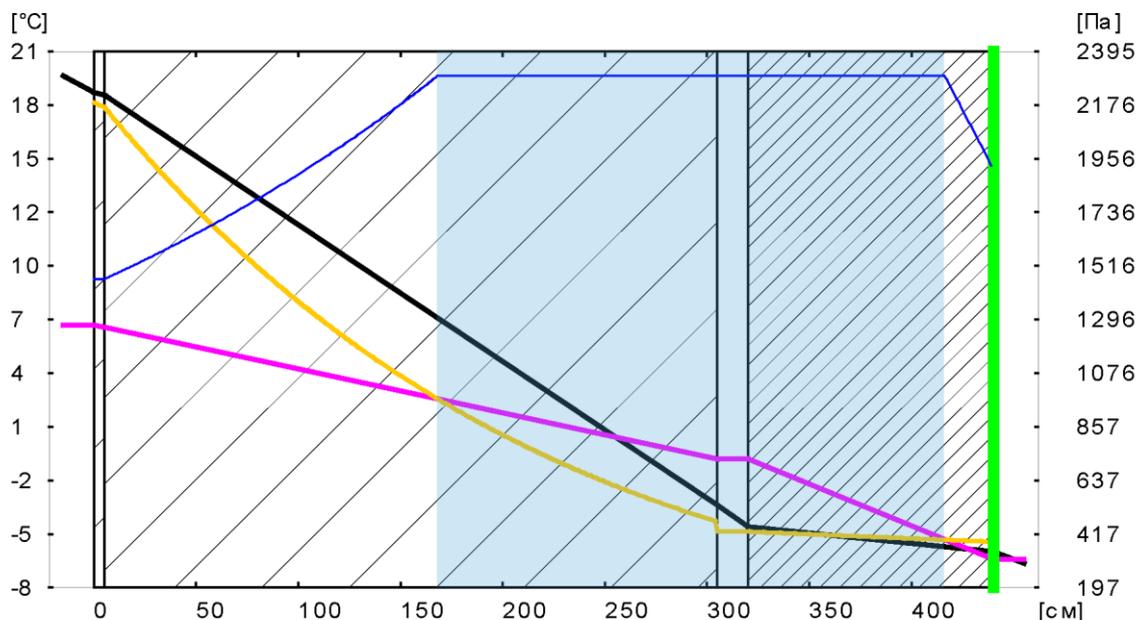
5. Проверка соблюдения требований к теплозащитной оболочке здания.

5.1. Температура внутренней плоскости стены¹³:

$$t_x = t_B - \frac{t_B - t_H}{R_0^{ysl}} \times R_x = 20 - (20 - (-22)) \times \frac{0.114943}{3.367} = 18.57\text{°C}$$

5.2. Разница между внутренней температурой воздуха и внутренней плоскостью стены составляет $20-18.57=1.434$ что удовлетворяет требованиям нормируемого температурного перепада для наружных стен 4.0°C ¹⁴

6. График распределения действительного парциального давления, максимального давления водяного пара, температуры, влажности по толщине ограждающей конструкции при среднемесячной температуре наружного воздуха наиболее холодного месяца, а также области формирования конденсата, плоскости максимального увлажнения.



где: черная линия – график температуры,
 синяя линия – график влажности,
 желтая линия – график распределения максимального парциального давления водяного пара E ,
 розовая линия – график распределения действительного парциального давления водяного пара,
 голубая область – область возможного формирования конденсата,
 зеленые линии – плоскости максимального увлажнения (за годовой период эксплуатации).

7. Теплоустойчивость ограждающих конструкций

7.1. Нормируемая амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции A_{τ}^{np} , °C, определяется по формуле:¹⁵

$$A_{\tau}^{np} = 2.5 - 0.1 \times (t_{н} - 21) = 2.5 - 0.1 \times (23.9 - 21) = 2.21$$

7.2. Величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха v в ограждающей конструкции, состоящей из однородных слоев, следует определять по формуле¹⁶:

$$v = 0.9 \times e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \times \frac{(s_1 + \alpha_B)(s_2 + Y_1) \dots (s_n + Y_{n-1})(\alpha_H + Y_n)}{(s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2) \dots (s_n + Y_n)\alpha_H}$$

$$= 0.9 \times e^{\frac{6.446}{\sqrt{2}}} \times \frac{(3.062 + 8.7)(1.7552 + 3.062)(17.4 + 1.7552)}{(3.062 + 3.062)(1.7552 + 1.7552)(8.324 + 8.324) \times 17.4}$$

$$= 14.96$$

7.3. Расчетную амплитуду колебаний температуры наружного воздуха $A_{t_{н}}^{расч}$, °C, следует определять по формуле¹⁷:

$$A_{t_{н}}^{расч} = 0.5 \times A_{t_{н}} + \frac{\rho \times (I_{max} - I_{cp})}{\alpha_H} = 0.5 \times 22 + \frac{0.6 \times (139 - 96.17)}{17.4} = 12.48$$

7.4. Амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций A_{τ_b} , °C, следует определять по формуле¹⁸:

$$A_{\tau_b} = \frac{A_{\tau_n}^{\text{расч}}}{\nu} = \frac{12.48}{14.96} = 0.834094$$

7.5. Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций A_{τ_b} не должна быть более нормируемой амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции $A^{\text{пт}}$, °C

$$A_{\tau_b} < A_t^{\text{п}}$$

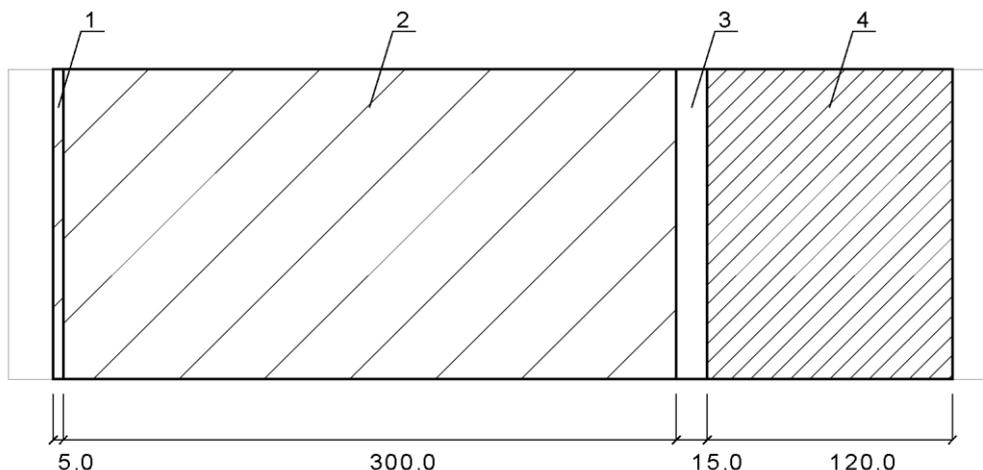
Что соответствует требованиям к теплоустойчивости ограждающих конструкций

ГБЗ-1 ГБЗ-1 ГБЗ-1

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНОЙ СТЕНЫ С ОБЛИЦОВКОЙ КИРПИЧЕМ

1. Жилое здание в г. Волгограде (г. Волжском). Стены из газобетонных блоков производства ООО «ГБЗ-1» г. Волжский, толщиной 300 мм. С внутренней стороны оштукатурены гипсовой штукатуркой «Волма-Слой» толщиной 5мм, с наружной стороны предусмотрена отделка из силикатного кирпича толщиной 120мм.

2. Конструкция стены:



№ слоя	Материал	Плотность, кг/м ³	Толщина, м	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	Коэффициент паропроницаемости, мг/м·ч·Па
1	гипсоперлитовый раствор	600	0.005	0.3	0.23
2	газобетонный блок D500	491	0.3	0.11	0.2
3	воздушная прослойка			$R=0.15 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)}/\text{Вт}^1$	
4	силикатный кирпич	1800	0.12	0.7	0.11

3. Проверка соответствия требованиям к теплозащитной оболочке здания.

3.1. Требуемое сопротивление теплопередаче стены является функцией числа градусо-суток отопительного периода (ГСОП)²:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \times z_{\text{от}} = (20 - (-2.3)) \times 176 = 3924.8 \text{ °С сут/год}$$

Базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, м²·°С/Вт, для величины ГСОП, определяем по формуле:³

$$R_0^{\text{ТР}} = a \times \text{ГСОП} + b = 0.00035 \times 3924.8 + 1.4 = 2.7737 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)}/\text{Вт}$$

3.2. Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции следует определять по формуле:

$$R_0^{\text{НОРМ}} = R_0^{\text{ТР}} \times m_p = 2.7737 \times 1 = 2.7737$$

3.3. Расчетное (условное) сопротивление теплопередаче стены определяем расчетом по формуле⁴:

$$R_0^{усл} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_S R_S + \frac{1}{\alpha_H} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.005}{0.3} + \frac{0.3}{0.11} + 0.15 + \frac{0.12}{0.7} + \frac{1}{12} = 3.264(\text{м}^2 \times \text{°C})/\text{Вт}$$

3.4. Приведенное сопротивление рассчитывается по формуле⁵:

$$R_0^{пр} = R_0^{усл} \times r$$

коэффициент теплотехнической однородности $r=0.85$ ⁶:

$$R_0^{пр} = 3.264 \times 0.85 = 2.7741$$

3.5. Сравнение нормируемого и приведенного сопротивления

$$R_0^{норм} < R_0^{пр}$$

Вывод: предложенная конструкция удовлетворяет требованиям СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) "Тепловая защита зданий"

4. Расчет защиты от переувлажнения ограждающей конструкции

4.1. Суммарное сопротивление паропрооницанию $R_{п,0}$ ⁷:

$$R_{п,0} = \sum R_{ni} = \frac{0.005}{0.23} + \frac{0.3}{0.2} + \frac{0.12}{0.11} = 2.6126(\text{м}^2 \times \text{ч} \times \text{Па})/\text{мг}$$

4.2. Значение температур в плоскости максимального увлажнения для каждого слоя конструкции⁸:

Слой конструкции	f(тм.у.)	тм.у	tmax	tmin	emax	emin
гипсоперлитовый раствор	90.59	4.589	19.05	18.92	1273.14	1265.15
газобетонный блок D500	214.83	-8.6596	18.92	-3.5638	1265.15	713.8
силикатный кирпич	18.57	27.51	-4.8002	-6.2131	713.8	312.82

4.3. Плоскость максимального увлажнения расположена на наружной поверхности конструкции.⁹

Сопротивление паропрооницанию до плоскости максимального увлажнения $R_{п,н}=2.6126$

4.4. Требуемое сопротивление паропрооницанию (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации)¹⁰:

$$R_{п1}^{тр} = \frac{(e_B - E) \times R_{п,н}}{E - e_H} = \frac{(1273.14 - 1325.03) \times 0}{1325.03 - 800} = 0(\text{м}^2 \times \text{ч} \times \text{Па})/\text{мг}$$

4.5. Требуемое сопротивление паропрооницанию (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха)¹¹:

$$R_{п2}^{тр} = \frac{0.0024 \times z_0 \times (e_B - E_0)}{\rho_w \times \delta_w \times \Delta_w + \eta} = \frac{0.0024 \times 122 \times (1273.14 - 421.04)}{1.3431 \times 0 \times 3 + \infty} = 0(\text{м}^2 \times \text{ч} \times \text{Па})/\text{мг}$$

4.6. Сопротивление паропрооницанию ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения) должно быть не менее наибольшего из требуемых сопротивлений паропрооницанию¹²:

$$R_{тр} = \max\{R_{п1}^{тр}, R_{п2}^{тр}\} = 0 < 2.6126$$

Сопротивление паропрооницанию внутренних слоев конструкции обеспечивает защиту от переувлажнения

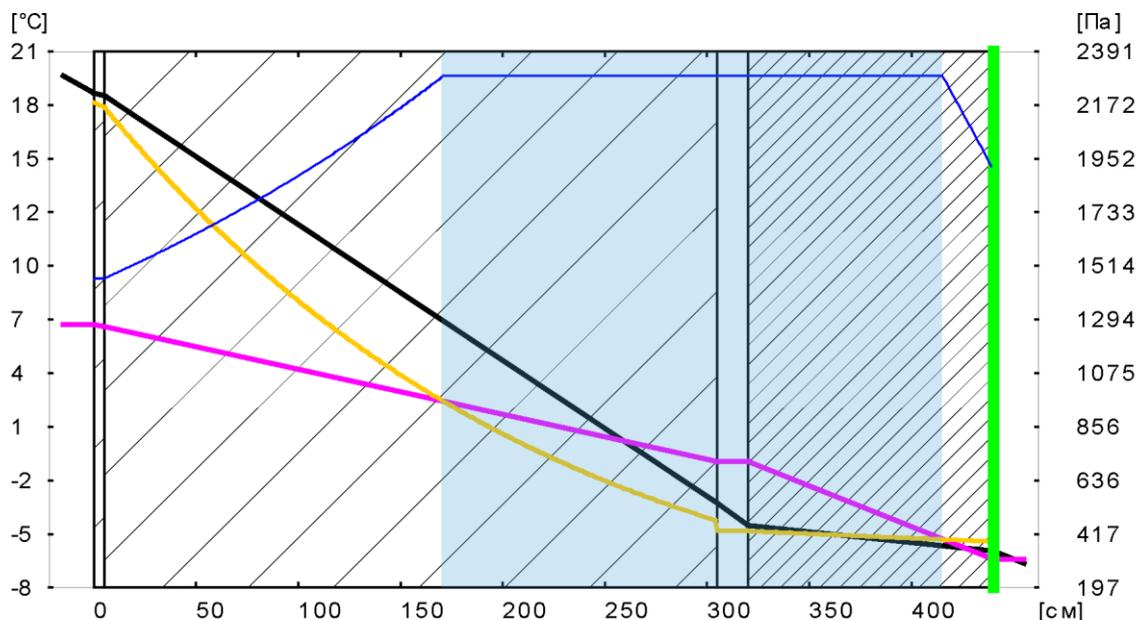
5. Проверка соблюдения требований к теплозащитной оболочке здания.

5.1. Температура внутренней плоскости стены¹³:

$$t_x = t_B - \frac{t_B - t_H}{R_0^{усл}} \times R_x = 20 - (20 - (-22)) \times \frac{0.114943}{3.264} = 18.52\text{°C}$$

5.2. Разница между внутренней температурой воздуха и внутренней плоскостью стены составляет $20-18.52=1.4792$ **что удовлетворяет требованиям нормируемого температурного перепада для наружных стен 4.0°C** ¹⁴

6. График распределения действительного парциального давления, максимального давления водяного пара, температуры, влажности по толщине ограждающей конструкции при среднемесячной температуре наружного воздуха наиболее холодного месяца, а также области формирования конденсата, плоскости максимального увлажнения.



где: черная линия – график температуры,
 синяя линия – график влажности,
 желтая линия – график распределения максимального парциального давления водяного пара E ,
 розовая линия – график распределения действительного парциального давления водяного пара,
 голубая область – область возможного формирования конденсата,
 зеленые линии – плоскости максимального увлажнения (за годовой период эксплуатации).

7. Теплоустойчивость ограждающих конструкций

7.1. Нормируемая амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции $A_{t_{н}}^{тп}$, °C, определяется по формуле:¹⁵

$$A_{t_{н}}^{тп} = 2.5 - 0.1 \times (t_{н} - 21) = 2.5 - 0.1 \times (23.9 - 21) = 2.21$$

7.2. Величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха v в ограждающей конструкции, состоящей из однородных слоев, следует определять по формуле¹⁶:

$$v = 0.9 \times e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \times \frac{(s_1 + \alpha_{в})(s_2 + Y_1) \dots (s_n + Y_{n-1})(\alpha_{н} + Y_n)}{(s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2) \dots (s_n + Y_n)\alpha_{н}}$$

$$= 0.9 \times e^{\frac{6.538}{\sqrt{2}}} \times \frac{(3.062 + 8.7)(1.8554 + 3.062)(17.4 + 1.8554)}{(3.062 + 3.062)(1.8554 + 1.8554)(8.324 + 8.324) \times 17.4}$$

$$= 15.5$$

7.3. Расчетную амплитуду колебаний температуры наружного воздуха $A_{t_{н}}^{расч}$, °C, следует определять по формуле¹⁷:

$$A_{t_{н}}^{расч} = 0.5 \times A_{t_{н}} + \frac{\rho \times (I_{max} - I_{ср})}{\alpha_{н}} = 0.5 \times 22 + \frac{0.6 \times (139 - 96.17)}{17.4} = 12.48$$

7.4. Амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций A_{τ_b} , °C, следует определять по формуле¹⁸:

$$A_{\tau_b} = \frac{A_{\tau_n}^{\text{расч}}}{\nu} = \frac{12.48}{15.5} = 0.80482$$

7.5. Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций A_{τ_b} не должна быть более нормируемой амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции $A^{\text{пт}}$, °C

$$A_{\tau_b} < A_t^{\text{тп}}$$

Что соответствует требованиям к теплоустойчивости ограждающих конструкций

ГБЗ-1 ГБЗ-1 ГБЗ-1

1. СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) "Тепловая защита зданий" Таблица Е.1
2. СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) "Тепловая защита зданий" п. 5.2 ф. 5.2
3. СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) "Тепловая защита зданий" Таб. 3
4. СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) "Тепловая защита зданий" Приложение Е. ф. Е6
5. СТО 00044807-001-2006 п. 5.9
6. СТО 00044807-001-2006 таб. 8
7. СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) "Тепловая защита зданий" п. 8.7 ф 8.9
8. СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) "Тепловая защита зданий" п. 8.5.3
9. СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) "Тепловая защита зданий" п.п. 8.5.5
10. СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) "Тепловая защита зданий" п. 8.1 а)
11. СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) "Тепловая защита зданий" п. 8.1 б)
12. СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) "Тепловая защита зданий" п. 8.1
13. СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) "Тепловая защита зданий" п. 8.8. ф. 8.10
14. СНиП 23-02-2003 т. 5 п.1
15. СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) "Тепловая защита зданий" п. 6.1 ф. 6.1
16. СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) "Тепловая защита зданий" п.6.4 ф. 6.4
17. СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) "Тепловая защита зданий" п. 6.3 ф. 6.3
18. СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) "Тепловая защита зданий" п. 6.2 ф. 6.2