

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по результатам теплотехнических расчетов фасадной системы с тонким
наружным штукатурным слоем при применении забивных тарельчатых
анкеров с различными распорными элементами

Заведующий лабораторией Института теплофизики СО РАН, д.т.н.



Низовцев М.И.

16.11.20

г. Новосибирск – 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Результаты теплотехнических расчетов фасадной системы с тонким наружным штукатурным слоем при применении забивных тарельчатых анкеров с различными распорными элементами	3
Введение	3
1. Результаты теплотехнических расчетов фасадной системы с применением анкеров тарельчатых “Бийск” типа ДС-1 со стеклопластиковыми забивными распорными элементами	4
2. Результаты теплотехнических расчетов фасадной системы с применением анкеров тарельчатых типа ДС-1 со стальными забивными распорными элементами	11
3. Результаты теплотехнических расчетов фасадной системы с применением анкеров тарельчатых типа ДС-1 со стальными забивными распорными элементами с термоголовками	17
4. Сравнение теплотехнических характеристик фасадной системы при применении анкеров тарельчатых с различными распорными элементами.	24
Основные выводы	28
Литература	30
Приложение 1. Распределение тепловых характеристик в фасадной системе при применении анкеров тарельчатых со стеклопластиковыми распорными элементами	32
Приложение 2. Распределение тепловых характеристик в фасадной системе при применении анкеров тарельчатых с распорными элементами из оцинкованной стали	34
Приложение 3. Распределение тепловых характеристик в фасадной системе при применении анкеров тарельчатых с распорными элементами из оцинкованной стали с термоголовками	38

Результаты теплотехнических расчетов фасадной системы с тонким наружным штукатурным слоем при применении забивных анкеров тарельчатых с различными распорными элементами

Введение

Согласно Техническому заданию к Договору №163 от 28 сентября 2020г. с ООО “Бийский завод стеклопластиков” были выполнены теплотехнические расчеты фасадной системы с тонким наружным штукатурным слоем при применении трех различных вариантов забивных анкеров тарельчатых.

Конструкция наружной стены фасада здания, принятая при расчетах, имела следующий состав от внутренней поверхности: кирпичная кладка из полнотелого глиняного кирпича толщиной 250 мм, теплоизоляционные плиты ROCKWOOL типа “ФАСАД БАТТС” варьируемой толщины от 50, до 200 мм. (шаг 50 мм), закрепленные анкера тарельчатые в количестве от 8 до 14 шт./м.², слой акриловой штукатурки толщиной 6 мм, армированной стеклосеткой.

В соответствии с Техническим заданием были выполнены теплотехнические расчеты фасадной системы с тремя вариантами конструкции анкеров тарельчатых:

- анкера тарельчатые “Бийск” типа ДС-1 со стеклопластиковыми забивными распорными элементами Ø5,5 мм,
- анкера тарельчатые типа ДС-1 со стальными забивными распорными элементами Ø5 мм,
- анкера тарельчатые типа ДС-1 со стальными забивными распорными элементами Ø5 мм с термоголовками.

Все расчеты проведены для жилого здания, эксплуатируемого в климатических условиях г. Новосибирска и других регионах с аналогичными климатическими условиями. При расчетах температура воздуха внутри помещения принималась $t_{в}=21^{\circ}\text{C}$ (согласно ГОСТ 30494-2011), влажность внутреннего воздуха – 55%, температура наружного воздуха $t_{н}= -37^{\circ}\text{C}$, что

соответствует наиболее холодной пятидневке для условий г. Новосибирска (согласно СП 131.13330.2018).

Коэффициенты теплопроводности материалов, используемые в расчетах, приведены в таблице 1 и приняты по условиям эксплуатации А.

Таблица 1

Коэффициенты теплопроводности материалов

Материал	$\lambda_A(\text{Вт/м}^\circ\text{C})$
кирпичная кладка	0,7
ROCKWOOL “ФАСАД БАТТС”	0,04
акриловая штукатурка	0,5
стеклопластик	0,48
полиамид	0,28
сталь	58

Теплотехнические расчеты проведены с применением специализированной компьютерной программы “HEAT 3.5”, предназначенной для проведения трехмерных теплотехнических расчетов элементов строительных конструкций. Программа основана на решении задач теплообмена численным методом конечных разностей. Расчетная область в расчетах разбивалась на 2×10^6 ячеек. Для повышения точности расчетов использовались сетки с переменным шагом.

1. Результаты теплотехнических расчетов фасадной системы с применением анкеров тарельчатых “Бийск” типа ДС-1 со стеклопластиковыми забивными распорными элементами

На рис.1.1. приведен чертеж анкера тарельчатого “Бийск” типа ДС-1 со стеклопластиковым забивным распорным элементом. Распорный элемент - стержень из стеклопластика Ø5,5 мм. входил при креплении утеплителя в гильзу из полиамида с наружным диаметром 10 мм.

Расчетная область представляла собой участок фасада в форме прямоугольного параллелепипеда с высотой равной толщине фасада и поперечным сечением квадратной формы со стороной $1/n$ в метрах, где n – плотность расположения анкеров тарельчатых на 1 м^2 фасада. В центре поперечного сечения расчетной области устанавливался анкер тарельчатый.

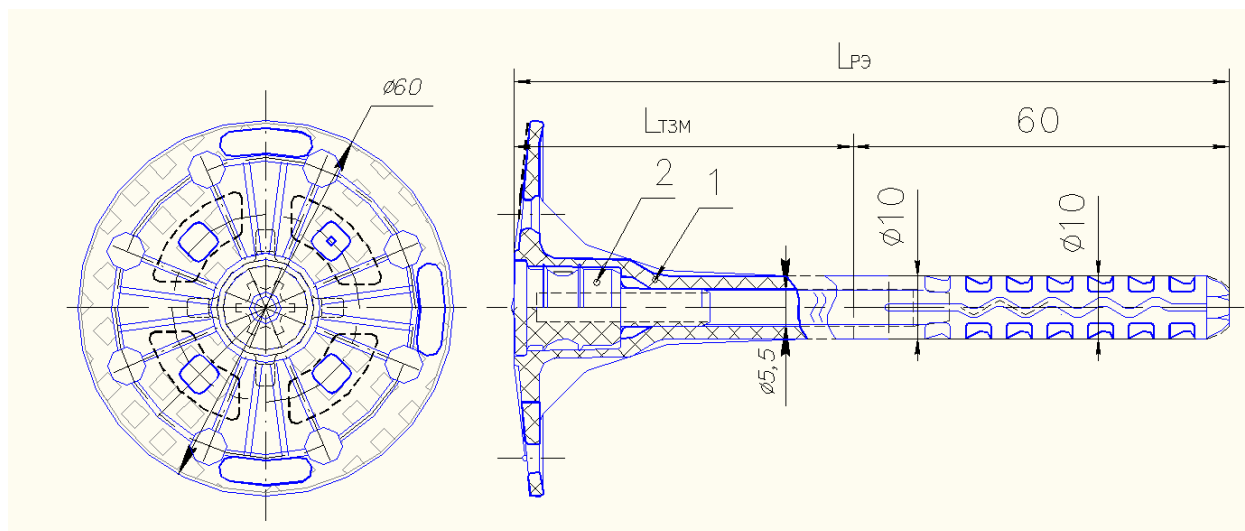


Рис.1.

1. Чертеж анкера тарельчатого со стеклопластиковым распорным элементом.

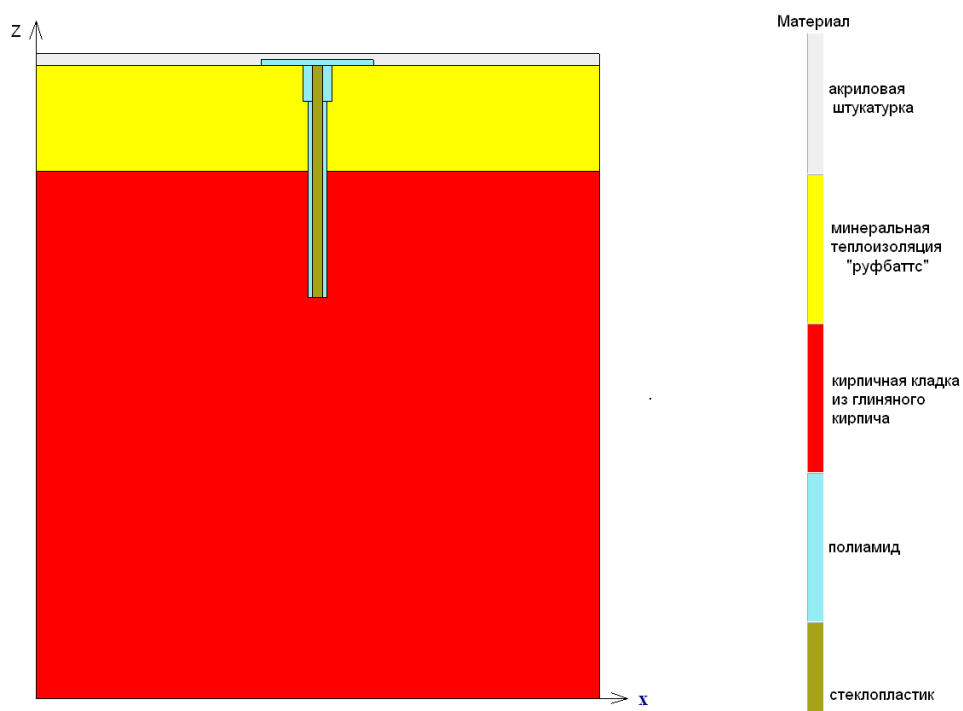


Рис. 1.2. Поперечное сечение расчетной области при 50 мм. утеплителя и 14 шт/м^2 анкеров тарельчатых со стеклопластиковыми распорными элементами.

На рис.1.2. показано поперечное сечение расчетной области при толщине утеплителя 50 мм и плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м². Были выполнены теплотехнические расчеты при толщине слоя утеплителя 50, 100, 150 и 200 мм, и для каждой толщины утеплителя количество анкеров тарельчатых в расчетах варьировалось от 8 до 14 шт./м².

Некоторые результаты расчетов приведены в Приложении 1. На рис.П.1.1. показано распределение температуры в поперечном сечении наружного фасада при толщине утеплителя 50 мм и плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м². Согласно результату расчета температурное поле на внутренней поверхности стены равномерное, отличие по температуре менее 0,01°C, что связано с выравниванием температурного поля кирпичной кладкой. Относительно низкая температура на внутренней поверхности стены 17,22°C обусловлена достаточно тонким 50 мм слоем утеплителя. При отсутствии анкера тарельчатого температура внутренней поверхности была 17,25 °C. Однако следует отметить, что опасности конденсации влаги на внутренней поверхности фасада нет, так как температура поверхности превышает температуру точки росы внутреннего воздуха (температура точки росы 11,6°C при температуре воздуха 21°C и его влажности 55%). Изотерма с температурой точки росы внутреннего воздуха находилась в центральной области кирпичной кладки.

На рис.П.1.2. приведено распределение температуры в поперечном сечении стены при толщине слоя утеплителя 200 мм и плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м². Температура внутренней поверхности при данном варианте по сравнению с температурой внутренней поверхности рис. П.1.1. повысилась до 19,78°C. Изотерма с температурой точки росы внутреннего воздуха при увеличении толщины слоя утеплителя сместилась из кирпичной кладки в утеплитель.

Основные количественные результаты теплотехнических расчетов фасадной системы приведены в таблице 1.1. Здесь $t_{вп}$ – наиболее низкая температура внутренней поверхности, R – приведенное сопротивление

теплопередаче, $R = \Delta t / q$, где $\Delta t = t_b - t_n$, q – плотность теплового потока на внутренней поверхности, которая получена в результате компьютерного объемного теплотехнического расчета. γ – коэффициент теплотехнической однородности, $\gamma = R/R_0$, где R_0 - сопротивление теплопередаче фасада при отсутствии анкеров тарельчатых.

Анкер тарельчатый можно рассматривать, как точечную теплотехническую неоднородность. Дополнительные удельные потери тепла χ через точечную теплотехническую неоднородность определяются, согласно ГОСТ Р 56733-2015, $\chi = \Delta Q^K / (t_b - t_n)$, $\Delta Q^K = Q_d - Q_{бд}$, где Q_d – потери тепла расчетного участка с анкером тарельчатым, а $Q_{бд}$ – потери тепла этого же расчетного участка без анкера тарельчатого.

Таблица 1.1

Результаты теплотехнических расчетов,
анкера тарельчатые со стеклопластиковыми распорными элементами

Толщина утеплителя (мм.)	Плотность расположения анкеров тарельчатых (шт./м ²)	$t_{вп}$ (°C)	R (°C м ² /Вт)	γ	χ (Вт/°C)
50	14	17,22	1,766	0,994	$2,60 \times 10^{-4}$
	12	17,23	1,767	0,994	$2,59 \times 10^{-4}$
	10	17,23	1,769	0,995	$2,59 \times 10^{-4}$
	8	17,23	1,771	0,996	$2,57 \times 10^{-4}$
	0	17,25	1,777	1	
				среднее	$2,59 \times 10^{-4}$
100	14	18,78	3,005	0,993	$1,76 \times 10^{-4}$
	12	18,78	3,009	0,994	$1,74 \times 10^{-4}$
	10	18,79	3,012	0,995	$1,74 \times 10^{-4}$
	8	18,79	3,015	0,996	$1,73 \times 10^{-4}$
	0	18,80	3,027	1	
				среднее	$1,74 \times 10^{-4}$
150	14	19,43	4,245	0,993	$1,32 \times 10^{-4}$
	12	19,43	4,249	0,994	$1,29 \times 10^{-4}$
	10	19,43	4,254	0,995	$1,28 \times 10^{-4}$
	8	19,43	4,259	0,996	$1,28 \times 10^{-4}$
	0	19,44	4,277	1	
				среднее	$1,29 \times 10^{-4}$
200	14	19,78	5,484	0,992	$1,00 \times 10^{-4}$

	12	19,79	5,489	0,993	$0,99 \times 10^{-4}$
	10	19,79	5,497	0,995	$0,98 \times 10^{-4}$
	8	19,79	5,502	0,996	$0,97 \times 10^{-4}$
	0	19,79	5,526	1	
				среднее	$0,99 \times 10^{-4}$

Согласно результатам расчетов, внутренняя температура поверхности и приведенное сопротивление теплопередаче фасада незначительно изменяется в зависимости от плотности расположения анкеров тарельчатых. Коэффициент теплотехнической однородности фасада при применении анкеров тарельчатых со стеклопластиковыми распорными элементами очень высокий, выше 0,992 при всех вариантах расчетов. Величина γ незначительно уменьшается с увеличением плотности расположения анкеров тарельчатых и толщины слоя утеплителя (рис.1.3).

Определены дополнительные тепловые потери через анкер тарельчатый, при увеличении толщины утеплителя от 50 мм до 200 мм они снижаются от $2,59 \times 10^{-4}$ до $0,99 \times 10^{-4}$ Вт/°С.

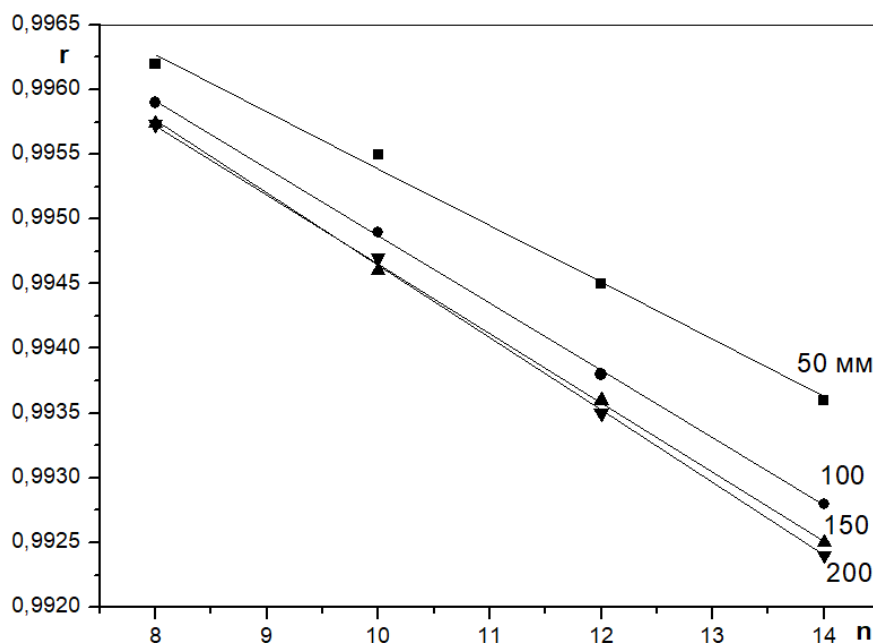


Рис.1.3. Коэффициенты теплотехнической однородности для фасада со стеклопластиковыми распорными элементами.

Зависимость коэффициента теплотехнической однородности фасада от плотности расположения анкеров тарельчатых при постоянной толщине утеплителя, согласно расчетам, имеет линейный характер:

$$r = C + D \times n \quad (1.1)$$

Коэффициенты зависимости (1.1) были определены при обработке результатов расчетов и приведены в таблице 1.2. На рис. 1.3 символами показаны расчетные значения, а линиями аппроксимирующие прямые согласно (1.1).

Таблица 1.2.

Коэффициенты для определения теплотехнической однородности фасада, анкера тарельчатые со стеклопластиковыми распорными элементами

Толщина утеплителя (мм)	C	D
200	0,99979	$-4,4 \times 10^{-4}$
150	1,00001	$-5,2 \times 10^{-4}$
100	1,00007	$-5,095 \times 10^{-4}$
50	0,9999	$-4,585 \times 10^{-4}$

На практике часто возникает задача определения толщины слоя утеплителя для требуемого приведенного сопротивления теплопередаче фасада. С этой целью был выполнен анализ полученных в результате расчетов зависимостей d от R при различной плотности расположения анкеров тарельчатых. Учитывая незначительное отклонение R от R_0 даже при максимальной расчетной плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м² (рис.1.4), было проведено обобщение d от R в виде линейной зависимости (1.2) с коэффициентами, приведенными в таблице 1.3.

$$d = A + B \times R \quad (1.2)$$

Зависимость (1.2) и полученные коэффициенты позволяют определить толщину слоя утеплителя, необходимую для того, чтобы фасадная система в диапазоне толщин утеплителя от 50 до 200 мм и различной плотности расположения анкеров тарельчатых со стеклопластиковыми распорными элементами имела заданное приведенное сопротивление теплопередаче.

С использованием предложенной зависимости (1.2) и коэффициентов таблицы.1.3 была определена необходимая толщина утеплителя d (последняя колонка в таблице 1.3), необходимая для

обеспечения нормируемого значения сопротивления теплопередаче R_{req} для стен жилых зданий в г. Новосибирске ($R_{\text{req}} = 3,66 \text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{м}^2/\text{Вт}$, согласно «СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий» и СП 131.1330.2018 «СНИП 23-01-99*»).

Таблица 1.3.

Определение толщины утеплителя,
анкера тарельчатые со стеклопластиковыми распорными элементами

Плотность расположения анкеров тарельчатых (шт./м ²)	А	В	d (мм.) для $R = 3,66 \text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{м}^2/\text{Вт}$
14	-21,23505	40,33592	126,4
12	-21,22605	40,29626	126,3
10	-21,19619	40,24399	126,1
8	-21,17482	40,19519	125,9
0	-21,10675	40,0128	125,3

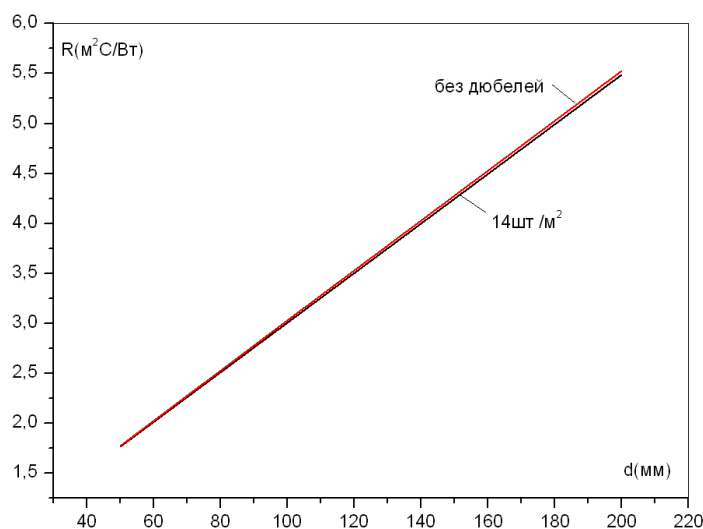


Рис.1.4. Зависимость приведенного сопротивления теплопередаче фасада от толщины слоя утеплителя, анкера тарельчатые со стеклопластиковыми распорными элементами.

В соответствии с расчетами влияние анкеров тарельчатых со стеклопластиковыми распорными элементами было незначительно. При $n = 14 \text{ шт./м}^2$ требуемая толщина утеплителя составляла 126,4 мм, а при отсутствии анкеров тарельчатых – 125,3 мм, то есть увеличение толщины

утеплителя для компенсации тепловых потерь через анкера тарельчатые со стеклопластиковыми распорными элементами, составляло 1,1 мм.

2. Результаты теплотехнических расчетов фасадной системы с применением анкеров тарельчатых типа ДС-1 со стальными забивными распорными элементами

На рис.2.1. приведен чертеж анкера тарельчатого типа ДС-1 с распорным элементом из оцинкованной стали. В отличие от рассмотренного ранее анкера тарельчатого в разделе 1 (рис.1.1) в качестве распорного элемента применяется стержень из оцинкованной стали $\varnothing 5$ мм.

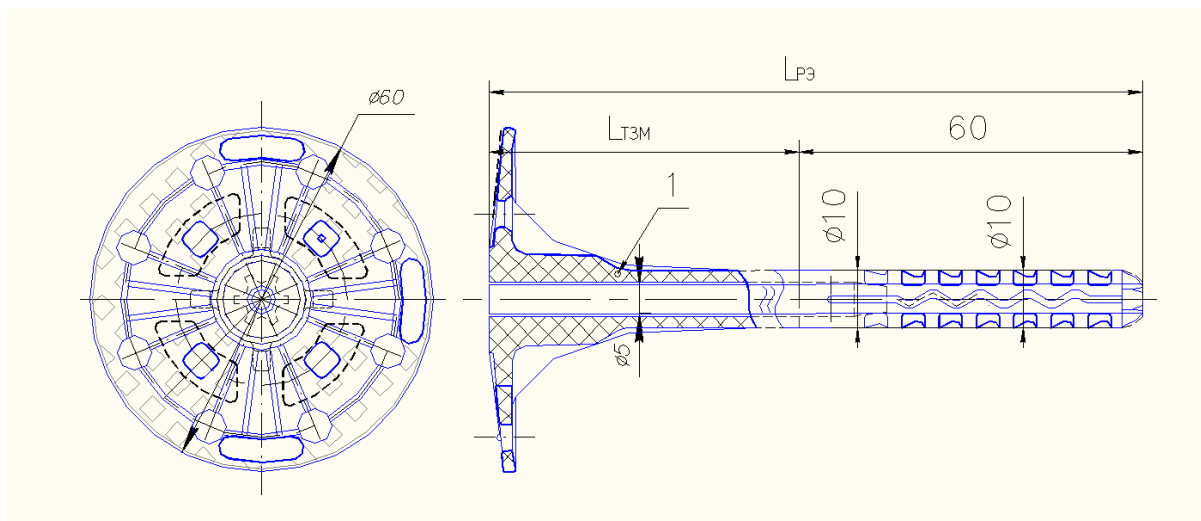


Рис.2.1. Чертеж анкера тарельчатого с распорным элементом из оцинкованной стали.

Выбор расчетной области (рис.2.2) проводился аналогично выбору расчетной области, описанному ранее в разделе 1.

Были выполнены теплотехнические расчеты при толщине слоя утеплителя 50, 100, 150 и 200 мм, и для каждой толщины утеплителя, количество анкеров тарельчатых в расчетах варьировалось от 8 до 14 шт./м².

Некоторые результаты расчетов приведены в Приложении 2. На рис.П.2.1 показано распределение температуры в поперечном сечении наружного фасада при толщине утеплителя 50 мм и плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м². По сравнению с результатами расчета для стеклопластикового распорного элемента (рис.П.1.1) температура на

внутренней поверхности фасада снизилась до $16,97^{\circ}\text{C}$, и была ниже требуемой по санитарно-гигиеническим нормам (согласно «СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий» разница температур между температурой воздуха и гладью внутренней поверхности стены не должна превышать 4°C).

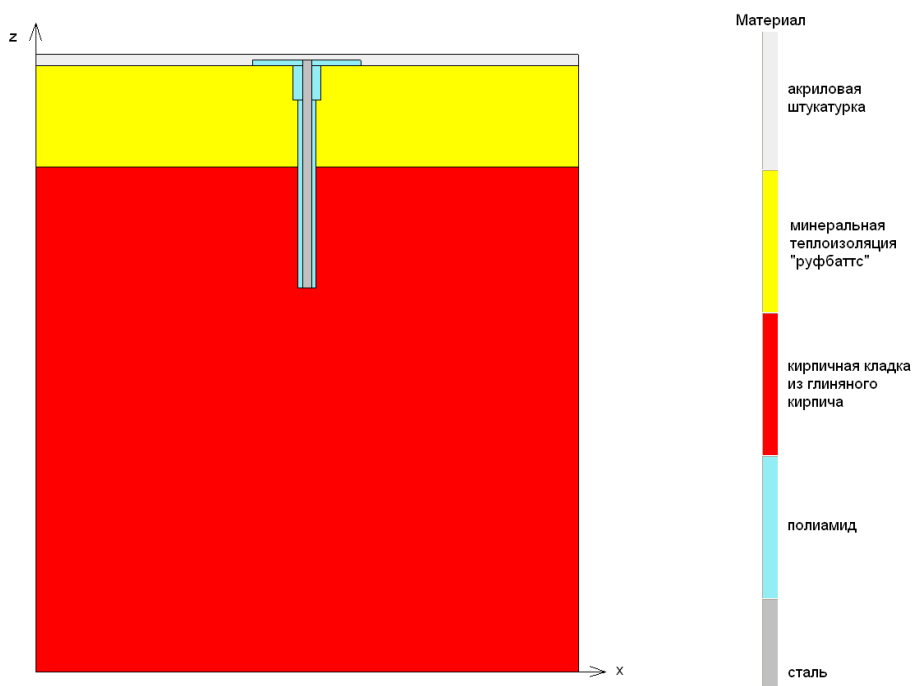


Рис. 2.2. Поперечное сечение расчетной области при 50 мм утеплителя и 14 шт./м^2 анкеров тарельчатых со стальными распорными элементами.

Изотерма с температурой точки росы внутреннего воздуха $11,6^{\circ}\text{C}$ находилась в слое кирпичной кладки, однако была смещена ближе к внутренней поверхности фасада по сравнению с аналогичным вариантом расчета для стеклопластикового распорного элемента (рис.П.1.1).

Распределение плотности теплового потока в поперечном сечении приведено на рис.П.2.2. При толщине утеплителя 50 мм по результатам расчета плотность теплового потока на внутренней поверхности фасада была около 35 Вт/м^2 , а в поперечном сечении стального распорного элемента в слое утеплителя достигала 1400 Вт/м^2 . Таким образом, стальной распорный элемент анкера тарельчатого является мощным стоком тепла через слой утеплителя.

На внутренней поверхности фасада, как и в ранее рассматриваемом случае для анкеров тарельчатых с пластиковыми распорными элементами, температурное поле было достаточно равномерное, понижение температуры напротив анкера тарельчатого не превышало $0,01^{\circ}\text{C}$, благодаря выравнивающему действию на температурное поле кирпичной кладки (рис.П.2.3).

На рис. П.2.4. приведено распределение температуры в поперечном сечении наружного фасада при толщине слоя утеплителя 200 мм и плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м². За счет увеличения толщины слоя утеплителя температура на внутренней поверхности фасада увеличилась по сравнению с результатом расчета рис.П.2.1., однако она оказалась ниже, температуры аналогичного расчета для анкера тарельчатого со стеклопластиковым распорным элементом (рис.П.1.2.). Изотерма с температурой точки росы внутреннего воздуха $11,6^{\circ}\text{C}$ вдали от анкера тарельчатого находилась в слое утеплителя, а вблизи анкера тарельчатого была на границе утеплитель - кирпичная кладка.

Основные количественные результаты теплотехнических расчетов приведены в таблице 2.1. Согласно результатам расчетов на внутреннюю температуру поверхности фасада и его приведенное сопротивление теплопередачи оказывала существенное влияние плотность расположения анкеров тарельчатых. Коэффициент теплотехнической однородности фасада при применении анкеров тарельчатых со стальными распорными элементами в расчетах снижался до 0,82.

Дополнительные теплотери на анкер тарельчатый со стальным распорным элементом в 20-30 раз превышали дополнительные теплотери на анкер тарельчатый со стеклопластиковым распорным элементом при толщине слоя утеплителя 50 - 200 мм, и слабо изменялись с увеличением толщины утеплителя.

Коэффициент теплотехнической однородности фасада согласно результатам расчета зависел, как от толщины утеплителя, так и от плотности

расположения анкеров тарельчатых, причем зависимость от плотности расположения анкеров тарельчатых была практически линейная (рис.2.3). Коэффициенты зависимости (2.1) были определены при обработке результатов расчетов и приведены в таблице 2.2.

$$r = C + D \times n \quad (2.1)$$

Таблица 2.1

Результаты теплотехнических расчетов,
анкера тарельчатые с распорными элементами из оцинкованной стали

Толщина утеплителя (мм.)	Плотность Расположения анкеров тарельчатых (шт/м ²)	t _{в.п.} (°C)	R _{пр} (°C м ² /Вт)	r	χ (Вт/°C)
50	14	16,97	1,656	0,932	2,94×10 ⁻³
	12	17,01	1,672	0,941	2,93×10 ⁻³
	10	17,05	1,691	0,952	2,85×10 ⁻³
	8	17,08	1,706	0,960	2,94×10 ⁻³
	0	17,25	1,777	1	
				среднее	2,91×10⁻³
100	14	18,39	2,655	0,877	3,31×10 ⁻³
	12	18,44	2,701	0,892	3,32×10 ⁻³
	10	18,48	2,751	0,909	3,33×10 ⁻³
	8	18,52	2,802	0,926	3,33×10 ⁻³
	0	18,72	3,027	1	
				среднее	3,32×10⁻³
150	14	19,07	3,600	0,842	3,14×10 ⁻³
	12	19,11	3,681	0,861	3,15×10 ⁻³
	10	19,16	3,768	0,881	3,15×10 ⁻³
	8	19,20	3,859	0,903	3,16×10 ⁻³
	0	19,44	4,276	1	
				среднее	3,15×10⁻³
200	14	19,46	4,522	0,818	2,87×10 ⁻³
	12	19,49	4,640	0,840	2,88×10 ⁻³
	10	19,53	4,766	0,863	2,88×10 ⁻³
	8	19,58	4,900	0,887	2,89×10 ⁻³
	0	19,75	5,526	1	
				среднее	2,88×10⁻³

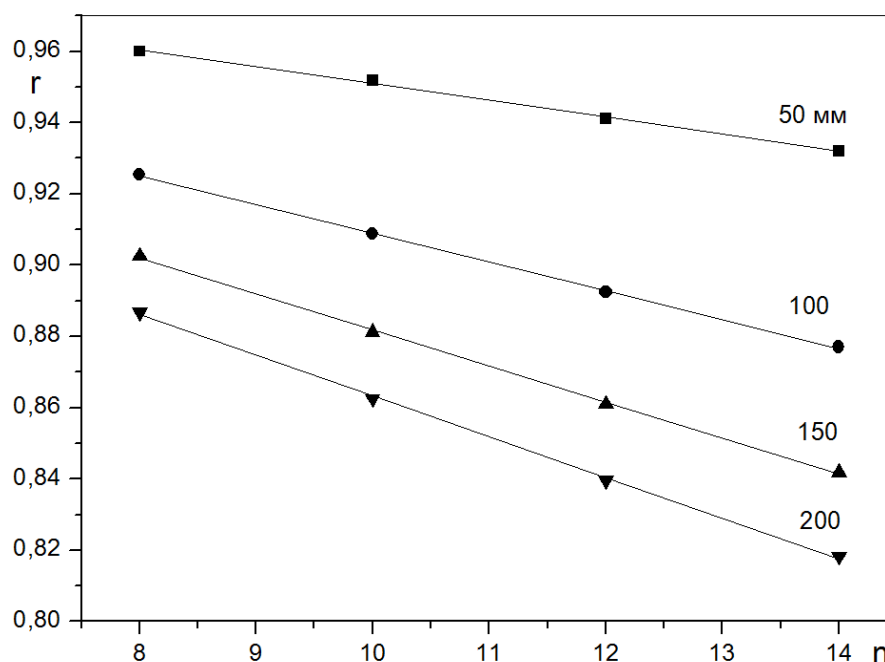


Рис.2.3. Коэффициент теплотехнической однородности фасада при применении анкеров тарельчатых со стальными распорными элементами.

Таблица 2.2.

Коэффициенты для определения теплотехнической однородности, анкера тарельчатого со стальными распорными элементами

Толщина утеплителя (мм)	C	D
50	0,99831	- 0,00473
100	0,98988	- 0,00809
150	0,98281	- 0,01010
200	0,97733	- 0,01141

Приведенное сопротивление теплопередаче фасада при применении анкеров тарельчатых со стальными распорными элементами достаточно сильно зависело от количества анкеров тарельчатых (рис.2.4), причем, учитывая эту сильную зависимость, для повышения точности аппроксимации необходимо было учесть нелинейность.

Проведено обобщение результатов расчетов, которое позволило определить коэффициенты зависимости (2.2) толщины слоя утеплителя для получения требуемого приведенного сопротивления теплопередаче фасада R при различной плотности расположения анкеров тарельчатых со стальными распорными элементами (таблица 2.3).

$$d = A_1 + A_2 \times R + A_3 R^2 \quad (2.2)$$

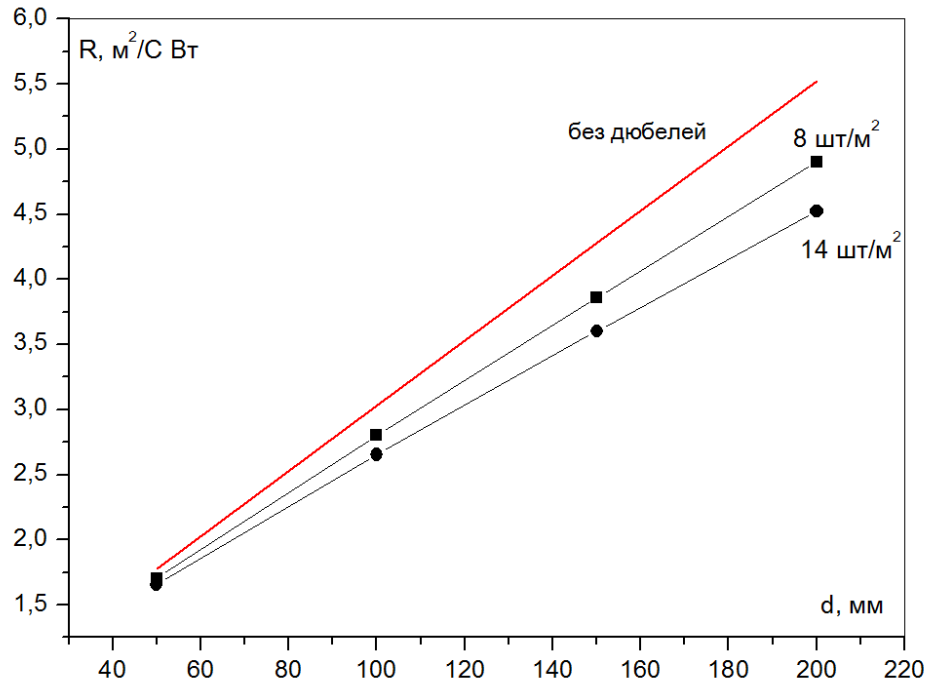


Рис.2.4. Зависимость приведенного сопротивления теплопередаче фасада от толщины слоя утеплителя при различной плотности расположения анкеров тарельчатых со стальными распорными элементами.

Таблица 2.3.

Определение толщины утеплителя, анкера тарельчатые с распорными элементами из оцинкованной стали

Плотность расположения анкеров тарельчатых (шт/м ²)	A ₁	A ₂	A ₃	d (мм.) для R = 3,66 °C м ² /Вт
14	-28,52247	45,54425	1,10737	153,0
12	-27,59846	44,86102	0,90608	148,7
10	-26,78029	44,1565	0,7213	144,5
8	-25,44574	43,22235	0,57088	140,4
0	-21,10675	40,0128	0,00000	125,3

С применением полученной зависимости (2.2) была определена толщина слоя утеплителя d (последняя колонка в таблице 2.3), необходимая для обеспечения нормируемого приведенного сопротивления теплопередаче для стены жилого дома, эксплуатируемого в климатических условиях г.Новосибирска ($R_{\text{req}} = 3,66^\circ\text{C м}^2/\text{Вт}$, согласно «СНИП 23-02-2003. Тепловая защита зданий») при применении фасадной системы с анкерами тарельчатыми со стальными распорными элементами. Согласно расчету при

плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м² толщина утеплителя должна быть 153 мм., а без учета анкеров тарельчатых – 125,3 мм., то есть увеличение толщины утеплителя за счет дополнительных теплопотерь через анкера тарельчатые со стальными распорными элементами составило 27,7 мм.

3. Результаты теплотехнических расчетов фасадной системы с применением анкеров тарельчатых типа ДС-1 со стальными забивными распорными элементами с термоголовками

На рис.3.1. приведен чертеж анкера тарельчатого типа ДС-1 с распорным элементом из оцинкованной стали Ø5 мм с термоголовкой. Термоголовка из ударного полиамида ПА6 (рис.3.2) приводит к смещению металлического стержня распорного элемента от наружной поверхности утеплителя, что способствует снижению тепловых потерь по сравнению с тепловыми потерями через анкер тарельчатый с металлическим распорным элементом без уплотняющей головки.

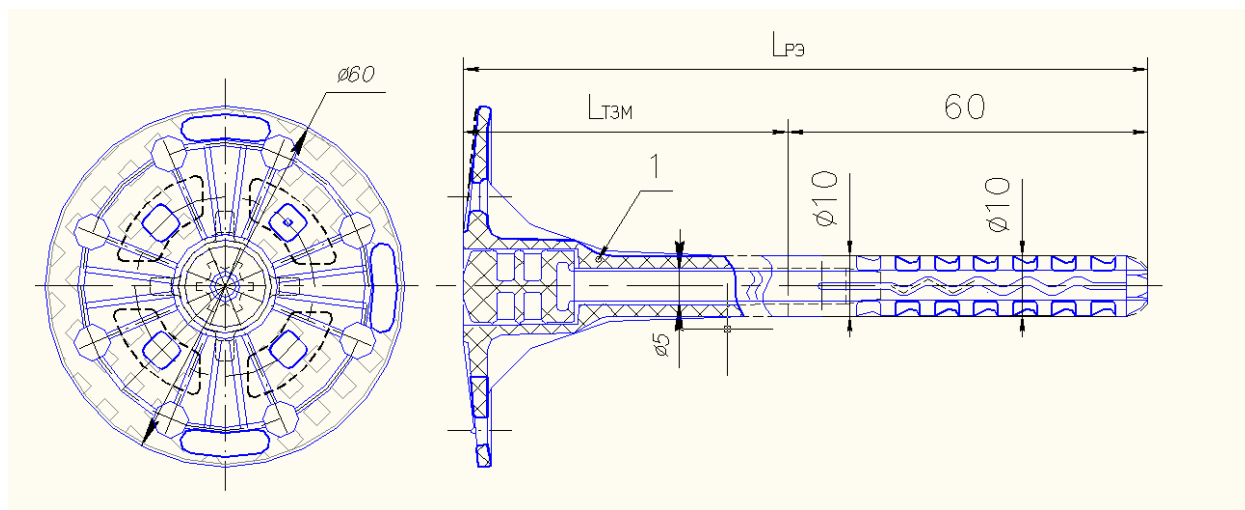
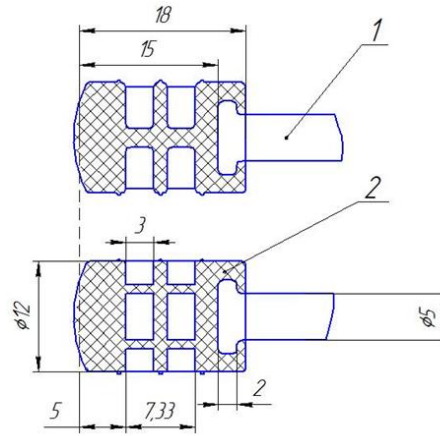


Рис.3.1. Чертеж анкера тарельчатого с распорным элементом из оцинкованной стали с термоголовкой.



1. Распорный элемент дюбеля. Материал: оцинкованная сталь
2. Термоголовка дюбеля. Материал: ударопрочный полиамид ПА6

Рис.3.2. Чертеж термоголовки анкера тарельчатого.

Выбор расчетной области (рис.3.3) проводился аналогично выбору расчетной области, описанному ранее в разделе 1.

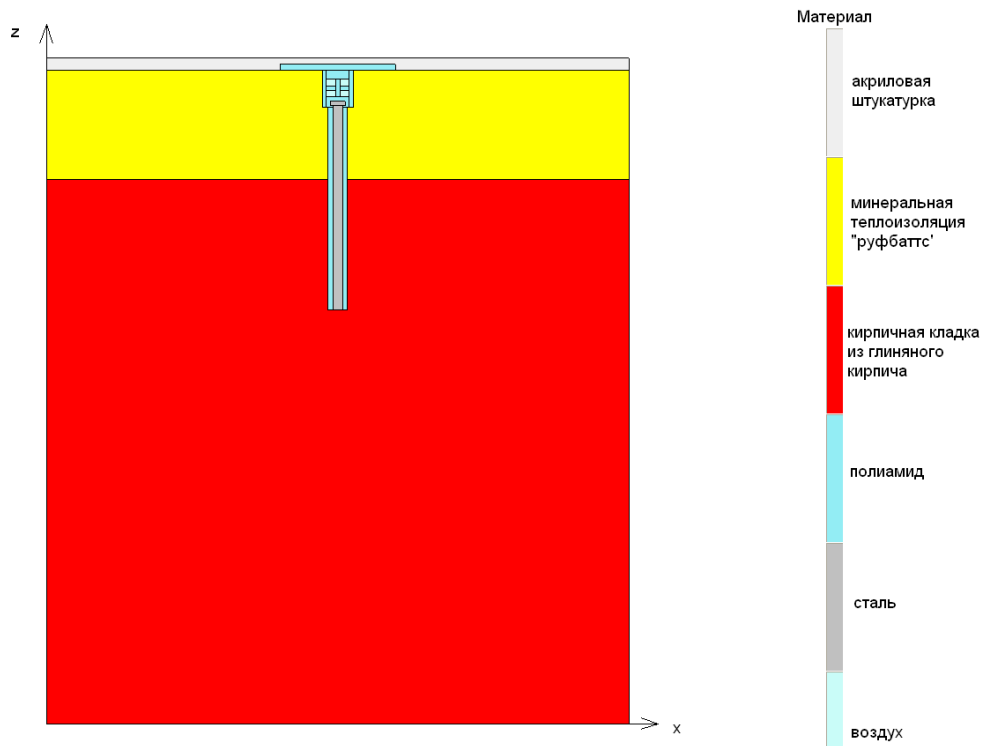


Рис. 3.3. Поперечное сечение расчетного участка при толщине утеплителя 50мм. и плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м² с распорными элементами из оцинкованной стали с термоголовками.

Были выполнены теплотехнические расчеты при толщине слоя утеплителя 50, 100, 150 и 200 мм., и для каждой толщины утеплителя количество анкеров тарельчатых в расчетах варьировалось от 8 до 14 шт./м².

Некоторые результаты расчетов приведены в Приложении 3. Анализ результатов расчетов распределения температуры в поперечных сечениях фасада при плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м² и толщине слоя утеплителя 50 мм (рис.П.3.1.) и 200 мм (рис. П.3.2.) показывает их подобие полученным ранее результатам при использовании анкеров тарельчатых со стальными распорными элементами без термоголовок (соответственно рис.П.2.1 и рис. П.2.4). Однако следует отметить, что наличие термоголовок привело к некоторому повышению внутренней температуры поверхности фасада.

Основные количественные результаты теплотехнических расчетов приведены в таблице 3.1. Согласно результатам расчетов при применении в фасадной системе анкеров тарельчатых с металлическими распорными элементами с термоголовками по сравнению с рассмотренным ранее случаем применения анкеров тарельчатых с металлическими распорными элементами (таблица 2.1) отмечено некоторое повышение температуры внутренней поверхности, приведенного сопротивления теплопередаче фасада и его коэффициента теплотехнической однородности. Наблюдалось также снижение дополнительных тепловых потерь на анкер тарельчатый.

На рис.3.4 показана полученная в результате расчетов зависимость снижения средних относительных дополнительных тепловых потерь на анкер тарельчатый (K) при применении термоголовки от толщины слоя утеплителя. $K = \chi_m / \chi_{mg}$, где χ_m – средние дополнительные тепловые потери на анкер тарельчатый с металлическим распорным элементом, а χ_{mg} – средние дополнительные тепловые потери на анкер тарельчатый с металлическим распорным элементом и термоголовкой. Из результатов расчетов следовало, что с увеличением толщины слоя утеплителя от 50 мм. до 200 мм. средние дополнительные относительные тепловые потери снижались с 2.3 до 1.3. Таким образом, наибольший эффект в снижении тепловых потерь при применении анкеров тарельчатых с распорным элементом из стали с

термоголовками из полиамида можно получить при малой толщине слоя утеплителя.

Таблица 3.1

Результаты теплотехнических расчетов, анкера тарельчатые с распорными элементами из оцинкованной стали с термоголовками

Толщина утеплителя (мм.)	Плотность расположения анкеров (шт/м ²)	t _{в.п.} (°C)	R _{пр} (°C м ² /Вт)	г	χ (Вт/ °C)
50	14	17,13	1,722	0,969	1,28×10 ⁻³
	12	17,14	1,729	0,973	1,28×10 ⁻³
	10	17,16	1,737	0,978	1,28×10 ⁻³
	8	17,17	1,745	0,982	1,28×10 ⁻³
	0	17,25	1,777	1	
				среднее	1,28×10⁻³
100	14	18,61	2,790	0,922	2,00×10 ⁻³
	12	18,63	2,821	0,932	2,00×10 ⁻³
	10	18,66	2,853	0,943	2,01×10 ⁻³
	8	18,68	2,886	0,954	2,01×10 ⁻³
	0	18,80	3,026	1	
				среднее	2,01×10⁻³
150	14	19,23	3,778	0,883	2,21 ×10 ⁻³
	12	19,26	3,840	0,898	2,22 ×10 ⁻³
	10	19,29	3,906	0,914	2,22 ×10 ⁻³
	8	19,31	3,975	0,930	2,22 ×10 ⁻³
	0	19,44	4,276	1	
				среднее	2,22 ×10⁻³
200	14	19,58	4,717	0,854	2,22 ×10 ⁻³
	12	19,61	4,816	0,872	2,22 ×10 ⁻³
	10	19,64	4,920	0,890	2,23 ×10 ⁻³
	8	19,67	5,030	0,910	2,23 ×10 ⁻³
	0	19,79	5,526	1	
				среднее	2,23 ×10⁻³

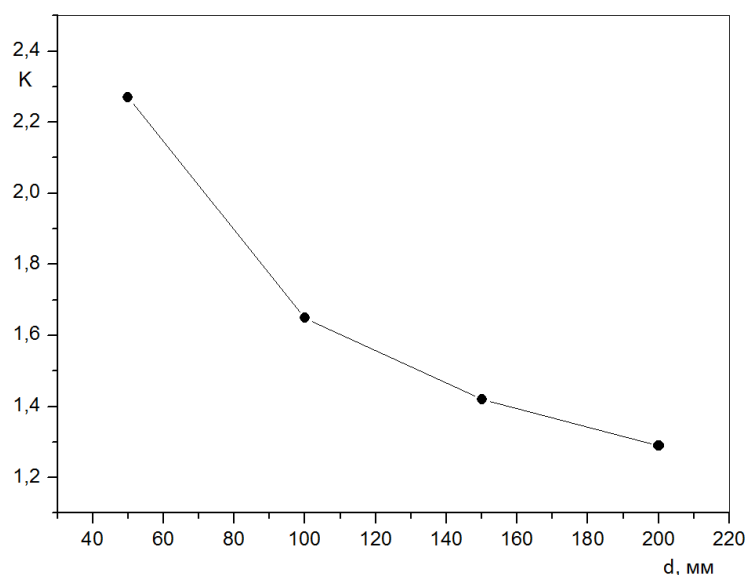


Рис.3.4. Зависимость снижения средних относительных дополнительных тепловых потерь на анкер тарельчатый.

Согласно выполненным теплотехническим расчетам, коэффициент теплотехнической однородности фасадной системы при применении анкеров тарельчатых с термоголовками линейно зависел от количества анкеров тарельчатых (рис. 3.5).

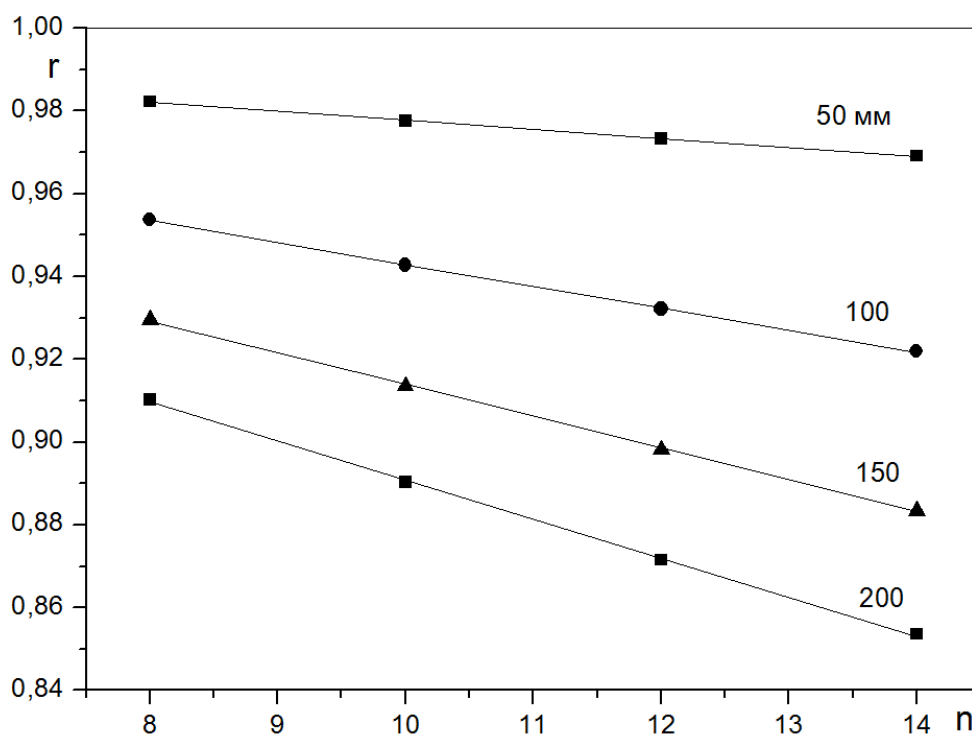


Рис.3.5. Коэффициенты теплотехнической однородности для фасада с применением анкеров тарельчатых с распорными элементами из оцинкованной стали с термоголовками.

Выполнено обобщение по зависимости (3.1), и определены коэффициенты при различной толщине слоя утеплителя (таблица 3.2).

$$r = C + D \times n \quad (3.1)$$

Таблица 3.2.

Коэффициенты для определения теплотехнической однородности фасада с применением анкеров тарельчатых с распорными элементами из оцинкованной стали с термоголовками

Толщина утеплителя (мм.)	C	D
50	0,99947	- 0,00217
100	0,99591	- 0,0053
150	0,99082	- 0,00769
200	0,98526	- 0,00944

По результатам расчетов приведенное сопротивление теплопередаче фасадной системы при применении анкеров тарельчатых с металлическими распорными элементами с термоголовками имело существенную зависимость от количества анкеров (рис.3.6).

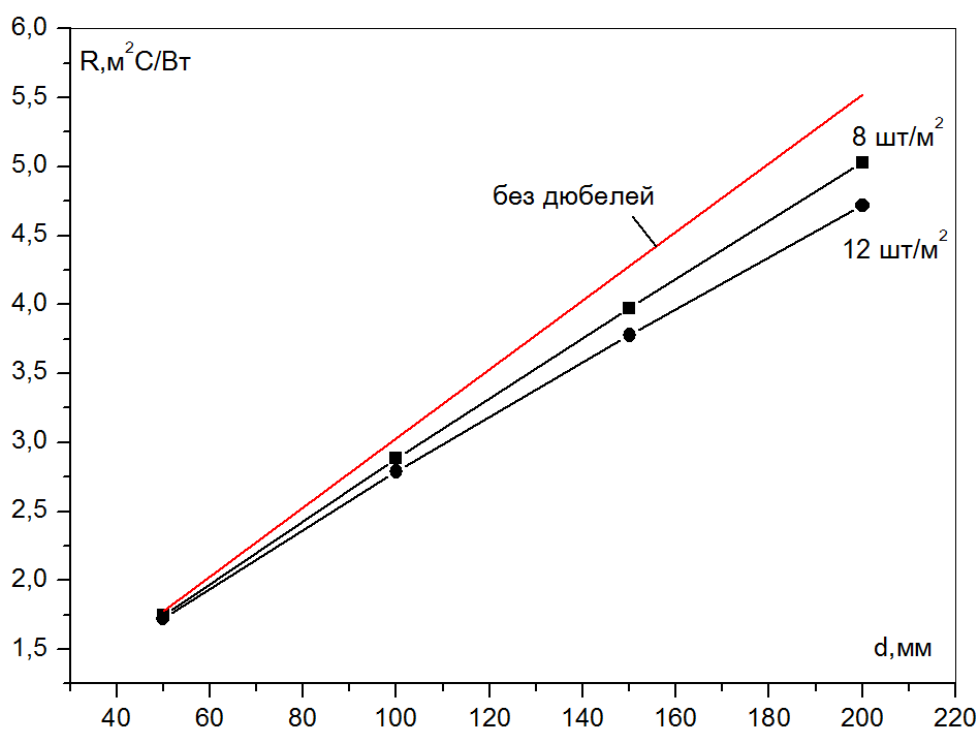


Рис.3.6. Зависимость приведенного сопротивления теплопередаче фасада от толщины слоя утеплителя при различной плотности анкеров тарельчатых с распорными элементами из стали с термоголовками.

Проведено обобщение результатов теплотехнических расчетов, в результате которого определены коэффициенты зависимости (3.2) толщины слоя утеплителя от приведенного сопротивления теплопередаче фасада при различной плотности расположения анкеров тарельчатых (таблица 3.3.).

$$d = A_1 + A_2 \times R + A_3 R^2 \quad (3.2)$$

С применением полученной зависимости (3.2) была определена толщина утеплителя d (последняя колонка в таблице 3.3), требуемая для обеспечения нормируемого приведенного сопротивления теплопередаче для стены жилого дома, эксплуатируемого в климатических условиях г. Новосибирска, $R_{\text{req}} = 3,66^\circ\text{C м}^2/\text{Вт}$, при применении фасадной системы с анкерами тарельчатыми со стальными распорными элементами с термоголовками.

Таблица 3.3.

Определение толщины утеплителя, анкера тарельчатые с распорными элементами из оцинкованной стали с термоголовками

Плотность расположения анкеров тарельчатых (шт./м ²)	A ₁	A ₂	A ₃	d (мм.) для R = 3,66 °C м ² /Вт
14	-23,21026	39,70019	1,61796	143,8
12	-23,04717	39,90851	1,33197	140,9
10	-22,7916	40,03035	1,0687	138,0
8	-22,58951	40,14749	0,76684	135,3
0	-21,10675	40,0128	0.00000	125,3

Согласно расчету при плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м² толщина утеплителя была 143,8 мм, а без учета анкеров тарельчатых – 125,3 мм, то есть увеличение толщины утеплителя за счет дополнительных теплопотерь через анкера тарельчатые со стальными распорными элементами с термоголовками составило 18,5 мм.

4. Сравнение теплотехнических характеристик фасадной системы при применении анкеров тарельчатых с различными распорными элементами

На основе выполненных теплотехнических расчетов, представленных в разделах 1-3, проведено сравнение основных теплотехнических характеристик фасадной системы с тонким наружным штукатурным слоем при использовании анкеров тарельчатых типа ДС-1 с тремя различными распорными элементами. При сравнении рассматривалось использование фасадной системы в климатических условиях г. Новосибирска или других регионах с аналогичными климатическими условиями. В условиях г. Новосибирска при строительстве жилых зданий обычно используют $d = 150$ мм. минераловатного утеплителя, поэтому при сравнении в фасадной системе принималась именно такая толщина слоя утеплителя.

На рис.4.1. по результатам теплотехнических расчетов показано изменение минимальной температуры внутренней поверхности фасада в зависимости от плотности расположения анкеров тарельчатых для трех вариантов распорных элементов.

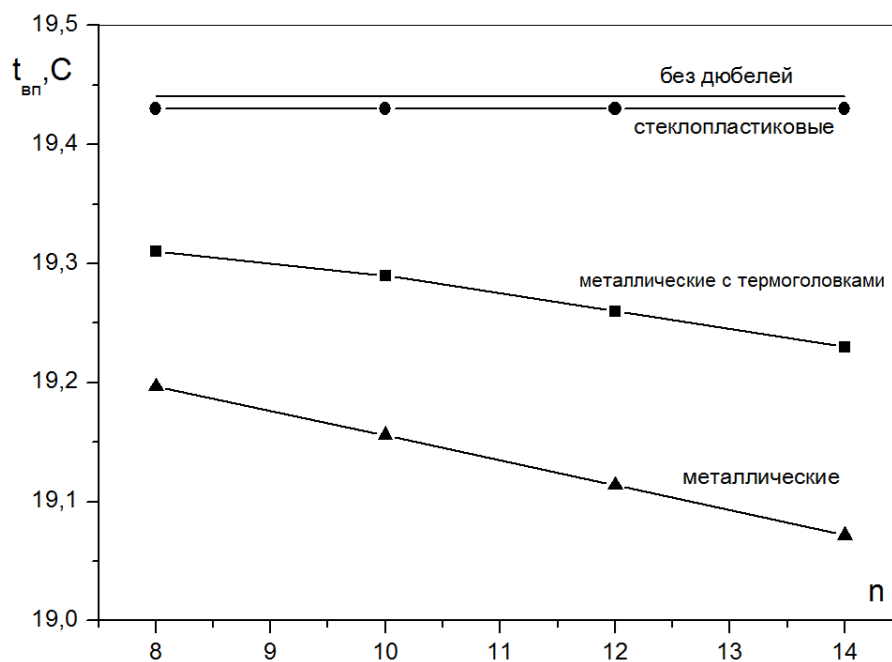


Рис.4.1. Зависимость минимальной внутренней температуры фасада от плотности расположения анкеров тарельчатых при $d = 150$ мм.

Наименьшее влияние (около $0,01^{\circ}\text{C}$) на снижение температуры внутренней поверхности оказывали анкера тарельчатого со стеклопластиковыми распорными элементами. Существенно большее влияние на изменение температуры внутренней поверхности ($0,2 - 0,35^{\circ}\text{C}$) наблюдалось при использовании анкеров тарельчатых с металлическими распорными элементами. При применении металлических распорных элементов с термоголовками влияние несколько уменьшалось (до $0,15 - 0,20^{\circ}\text{C}$).

Как показали расчеты, кирпичная кладка с внутренней стороны фасадной системы при всех рассмотренных вариантах распорных элементов анкеров тарельчатых приводила к выравниванию температурного поля внутренней поверхности, и неравномерность температуры на внутренней поверхности во всех расчетах была $<0,01^{\circ}\text{C}$.

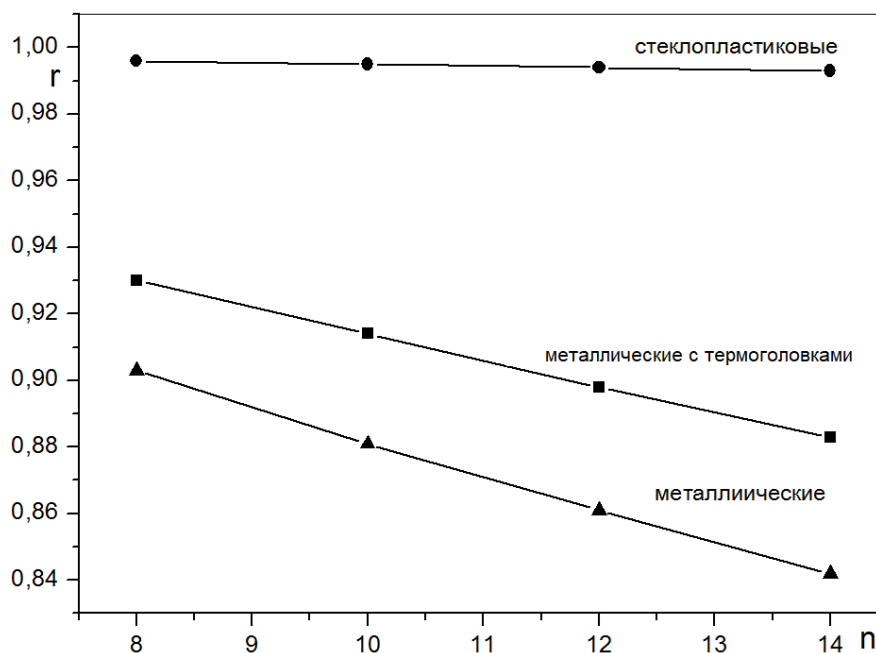


Рис.4.2. Зависимость коэффициента теплотехнической однородности фасада от плотности расположения анкеров тарельчатых при $d = 150$ мм.

Результаты расчетов коэффициента теплотехнической однородности фасада от плотности расположения анкеров тарельчатых по результатам расчетов приведены на рис.4.2. и в таблице 4.1. Для фасада с применением анкеров тарельчатых со стеклопластиковыми распорными элементами γ изменялась от 0,996 до 0,993 с увеличением плотности расположения

анкеров тарельчатых с 8 до 14 шт./м², для фасада с металлическими распорными элементами – от 0,903 до 0,842, для фасада с металлическими распорными элементами с термоголовками – от 0,930 до 0,883.

Таблица 4.1.

Коэффициенты теплотехнической однородности фасада при разной плотности расположения анкеров тарельчатых при d = 150 мм

Плотность расположения анкеров тарельчатых (шт./м ²)	Распорные элементы		
	Стеклопластиковые	Металлические	Металлические с термоголовкой
14	0,993	0,842	0,883
12	0,994	0,861	0,898
10	0,995	0,881	0,914
8	0,996	0,903	0,930

Таким образом, при плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м² относительное снижение теплозащитных свойств фасада со 150 мм. теплоизоляции в зависимости от используемых распорных элементов составило:

- стеклопластиковы распорные элементы – 0,7%,
- стальные распорные элементы – 16 %,
- стальные распорные элементы с термоголовками – 12%.

Средние дополнительные тепловые потери на анкер тарельчатый при толщине слоя утеплителя 150 мм, согласно результатам расчетов в зависимости от применяемых распорных элементов составили:

- стеклопластиковый распорный элемент – $1,29 \times 10^{-4}$ Вт/°С,
- стальной распорный элемент – $3,15 \times 10^{-3}$ Вт/°С,
- стальной распорный элемент с термоголовкой – $2,22 \times 10^{-3}$ Вт/°С.

Таким образом, дополнительные тепловые потери на анкер тарельчатый со стальным распорным элементом с термоголовкой снижались по сравнению с дополнительными теплопотерями на анкер тарельчатый с металлическим распорным элементом в 1,4 раза, а стеклопластиковый

распорный элемент приводил к снижению дополнительных теплотерь по сравнению с металлическим распорным элементом в 24 раза.

Коэффициент теплотехнической однородности фасадной системы с тонким наружным штукатурным слоем при применении анкеров тарельчатых со стеклопластиковыми распорными элементами близок к 1, поэтому зависимость приведенного сопротивления теплопередаче фасада от толщины утеплителя для данного крепления теплоизоляции практически не отличалась от зависимости для варианта расчета без использования анкеров тарельчатых (рис.4.3). При применении анкеров тарельчатых с металлическими распорными элементами коэффициент теплотехнической однородности фасада заметно отличался от 1, особенно для достаточно толстого слоя теплоизоляции, поэтому на рис. 4.3 для фасада с анкерами тарельчатыми при использовании металлических распорных элементов наблюдалось значительное снижение приведенного сопротивления теплопередаче фасада по сравнению с результатами расчета приведенного сопротивления теплопередаче для варианта без учета анкеров тарельчатых.

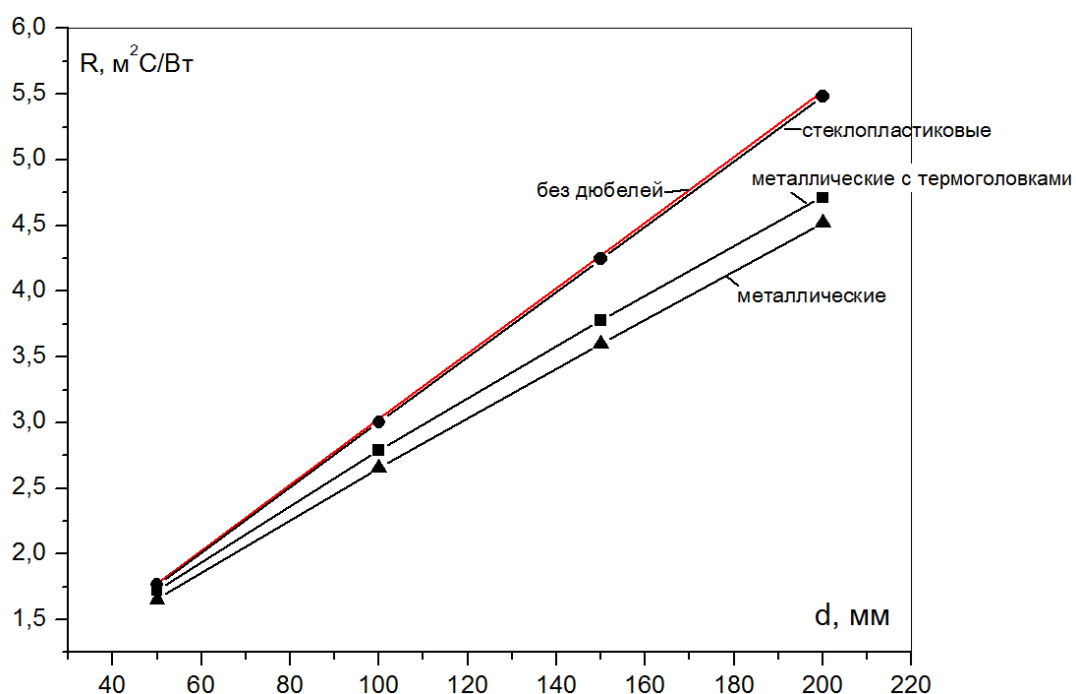


Рис.4.3. Зависимость приведенного сопротивления теплопередаче фасада от толщины слоя теплоизоляции при $n=14$ шт/м².

Были выполнены расчеты с целью определения влияния плотности расположения анкеров тарельчатых на толщину слоя утеплителя в фасадной

системе, которая обеспечивала нормативные требования по приведенному сопротивлению теплопередаче стен жилых зданий в климатических условиях г. Новосибирска, $R = 3,66^{\circ}\text{C м}^2/\text{Вт}$, а также других регионах с аналогичными климатическими условиями. Из результатов расчетов следовало, что применение анкеров тарельчатых со стеклопластиковыми распорными элементами практически не требует увеличения слоя теплоизоляции для компенсации дополнительных теплопотерь через анкера тарельчатого (рис.4.4). При использовании анкеров тарельчатых с металлическими распорными элементами, особенно стальных без термоголовок необходимо существенно увеличивать слой утеплителя для обеспечения нормативных требований по приведенному сопротивлению теплопередаче.

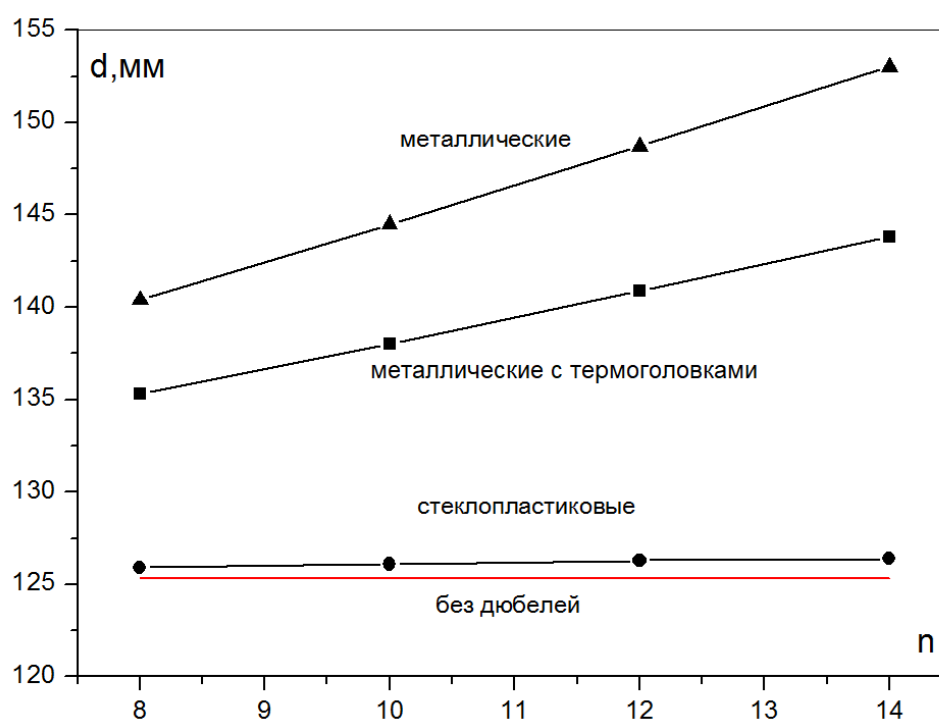


Рис.4.4. Зависимость толщины слоя утеплителя от плотности расположения анкеров тарельчатых при нормативном значении приведенного сопротивления теплопередаче для стен жилых зданий в г. Новосибирске.

Основные выводы

Согласно действующей нормативно-технической документации выполнены теплотехнические расчеты фасадной системы с тонким наружным штукатурным слоем при применении забивных тарельчатых

анкеров с различными распорными элементами при толщине слоя минераловатного утеплителя от 50 до 200 мм и плотности расположения анкеров от 8 до 14 шт/м². В результате расчетов получены

- коэффициенты теплотехнической однородности:
 0,996 – 0,994 для анкеров со стеклопластиковыми распорными элементами,
 0,960 – 0,842 для анкеров с металлическими распорными элементами,
 0,969 – 0,854 для анкеров с металлическими распорными элементами с термоголовками;
- дополнительные удельные потери тепла на забивной тарельчатый анкер:
 $2,59 \times 10^{-4} - 0,99 \times 10^{-4} \text{ Вт/}^\circ\text{C}$ для анкера со стеклопластиковым распорным элементом,
 $3,32 \times 10^{-3} - 2,91 \times 10^{-3} \text{ Вт/}^\circ\text{C}$ для анкера с металлическим распорным элементом,
 $2,23 \times 10^{-3} - 1,28 \times 10^{-3} \text{ Вт/}^\circ\text{C}$ для анкера с металлическим распорным элементом с термоголовкой.

Выполнено сравнение теплотехнических характеристик фасадной системы с тонким наружным штукатурным слоем при применении анкеров тарельчатых с различными распорными элементами при утеплении наружных кирпичных стен минераловатным утеплителем толщиной 150 мм, удовлетворяющим нормативным требованиям для стен жилых зданий в г. Новосибирске, а также в других городах с близкими к г. Новосибирску по значениям градусо-суток отопительного периода: Абакане, Архангельске, Барнауле, Бийске, Белорецке, Благовещенске, Глазове, Екатеринбурге, Иркутске, Кемерово, Красноярске, Омске, Перми, Томске, Тюмени. В результате сравнения получено:

- при изменении плотности расположения анкеров тарельчатых от 8 до 14 шт./м² коэффициент теплотехнической однородности изменяется:
 от 0,996 до 0,993 для анкеров со стеклопластиковыми распорными элементами,
 от 0,903 до 0,842 для анкеров с металлическими распорными элементами,
 от 0,930 до 0,883 для анкеров с металлическими распорными элементами с термоголовками;
- при расположении анкеров тарельчатых 14 шт/м² относительное снижение теплозащитных свойств фасада составляет:

0,7% для анкеров со стеклопластиковыми распорными элементами,
 16% для анкеров с металлическими распорными элементами,
 12% для анкеров с металлическими распорными элементами с
 термоголовками;

- средние дополнительные тепловые потери на анкер тарельчатый составляют:

$1,29 \times 10^{-4} \text{ Вт/}^\circ\text{С}$ для анкера со стеклопластиковым распорным элементом,
 $3,15 \times 10^{-3} \text{ Вт/}^\circ\text{С}$ для анкера с металлическим распорным элементом,
 $2,22 \times 10^{-3} \text{ Вт/}^\circ\text{С}$ для анкера с металлическим распорным элементом с термоголовкой.

Дополнительные тепловые потери на анкер тарельчатый со стальным распорным элементом с термоголовкой снижаются по сравнению с дополнительными теплотерями на анкер тарельчатый с металлическим распорным элементом в 1,4 раза. Стеклопластиковый распорный элемент приводит к снижению дополнительных теплотерей на анкер тарельчатый по сравнению с металлическим распорным элементом в 24 раза.

Литература

1. СП 50.13330.2012 "СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий".
2. СП 345.1325800.2017. «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты». М. 2017.
3. СП 131.13330.2018 "СНиП 23-01-99* Строительная климатология". М. 2018.
4. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях». М. 2011.
5. СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей». М. 2015.
6. ГОСТ Р 56733-2015 «Здания и сооружения. Метод определения удельных потерь теплоты через неоднородности ограждающих конструкций». М. Стандартинформ. 2016.

7. ГОСТ 33740-2016 «Системы фасадные теплоизоляционные композиционные с наружными штукатурными слоями. Термины и определения» М.: Стандартинформ, 2019.
8. СТО 20994511-001-2009. «Стандарт организации. анкера тарельчатые тарельчатые строительные стеновые забивные “Бийск”». Бийск, 2009.

Приложение 1

**Распределение тепловых характеристик в фасадной системе при
применении анкеров тарельчатых со стеклопластиковыми
распорными элементами**

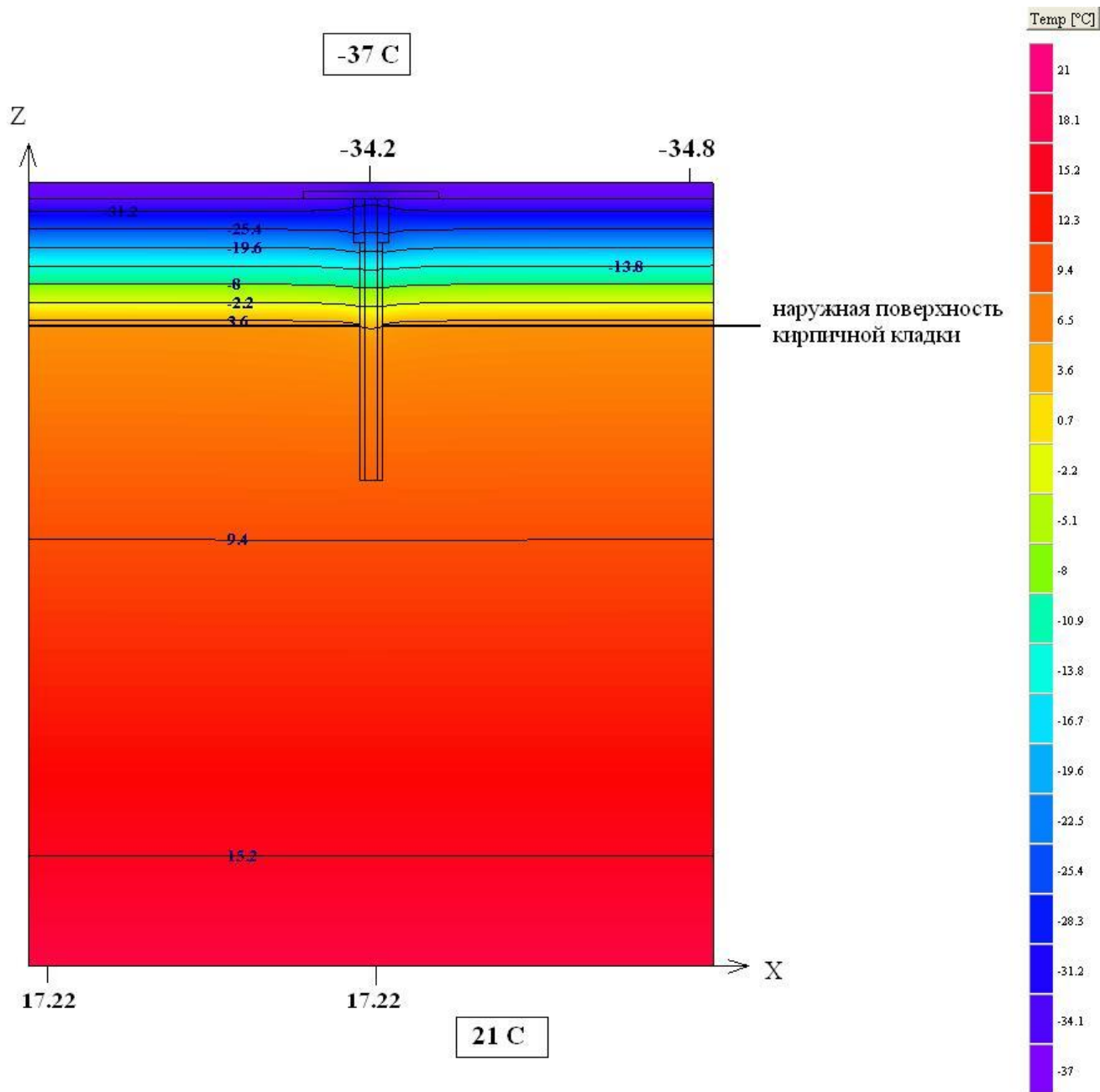


Рис.П.1.1. Распределение температуры в поперечном сечении фасада при толщине утеплителя 50 мм и плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м².

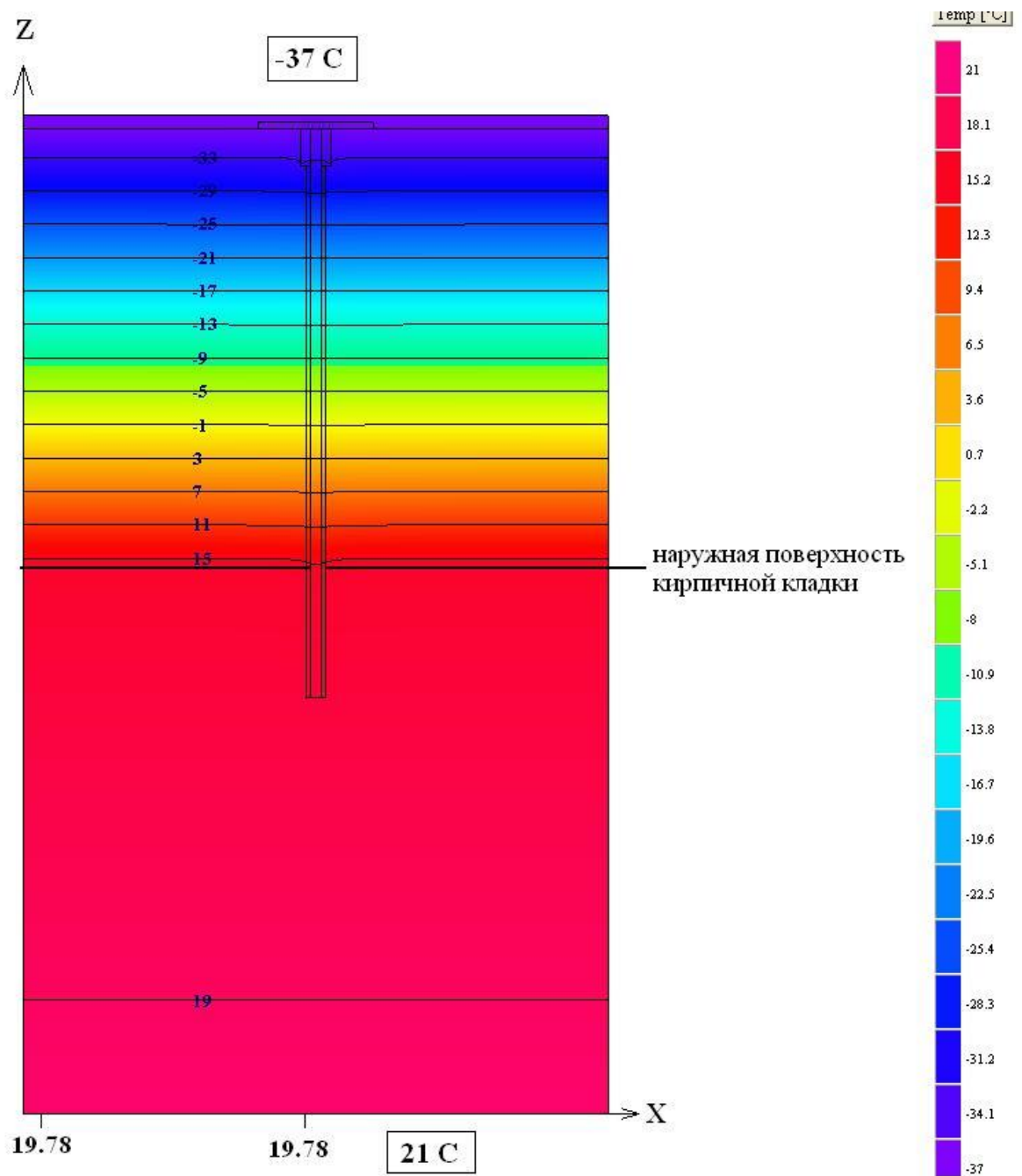


Рис.П.1.2. Распределение температуры в поперечном сечении фасада при толщине утеплителя 200 мм и плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м².

**Распределение тепловых характеристик в фасадной системе
при применении анкеров тарельчатых с распорными
элементами из оцинкованной стали**

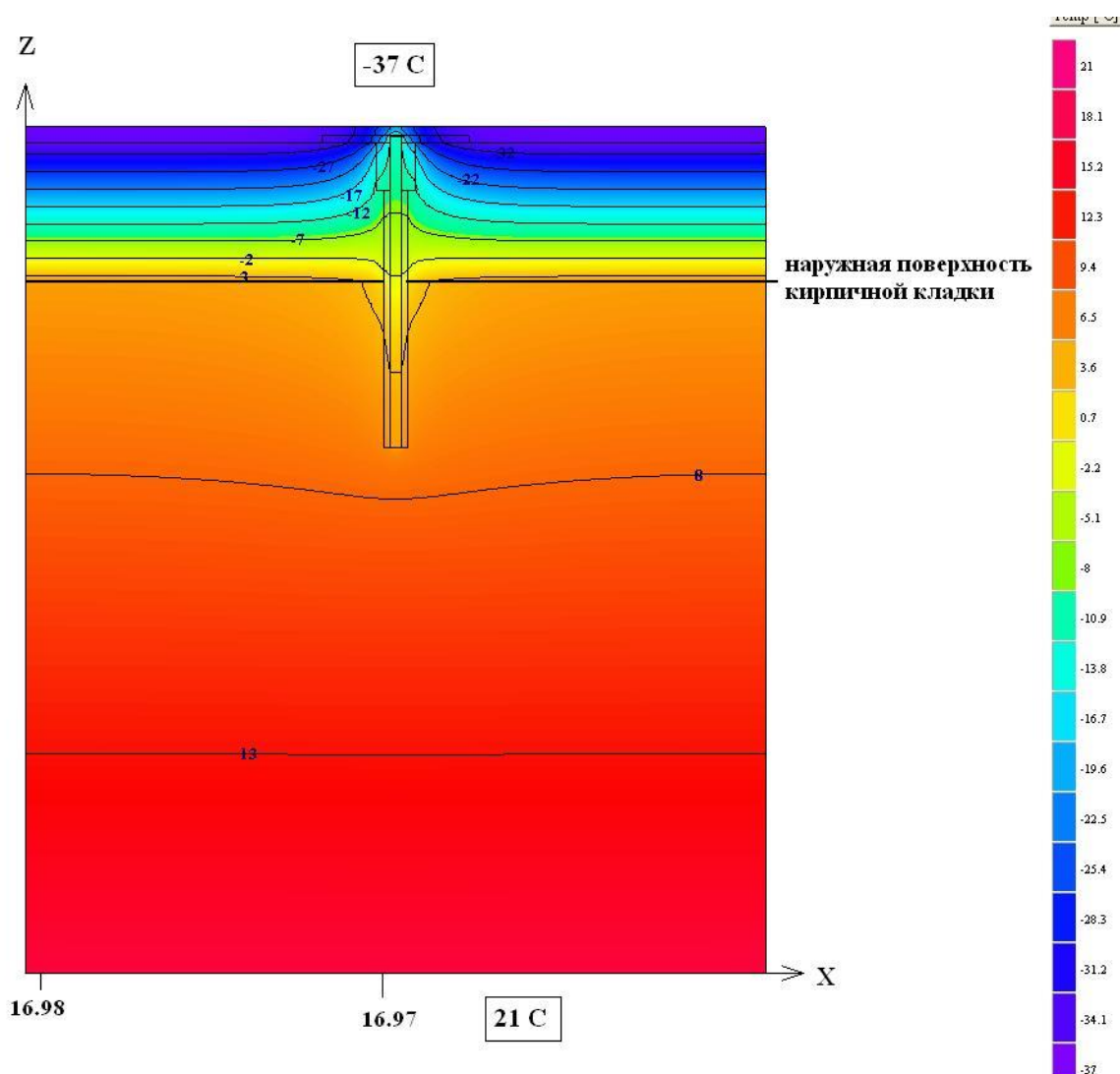


Рис.П.2.1. Распределение температуры в поперечном сечении фасада при толщине утеплителя 50 мм и плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м².

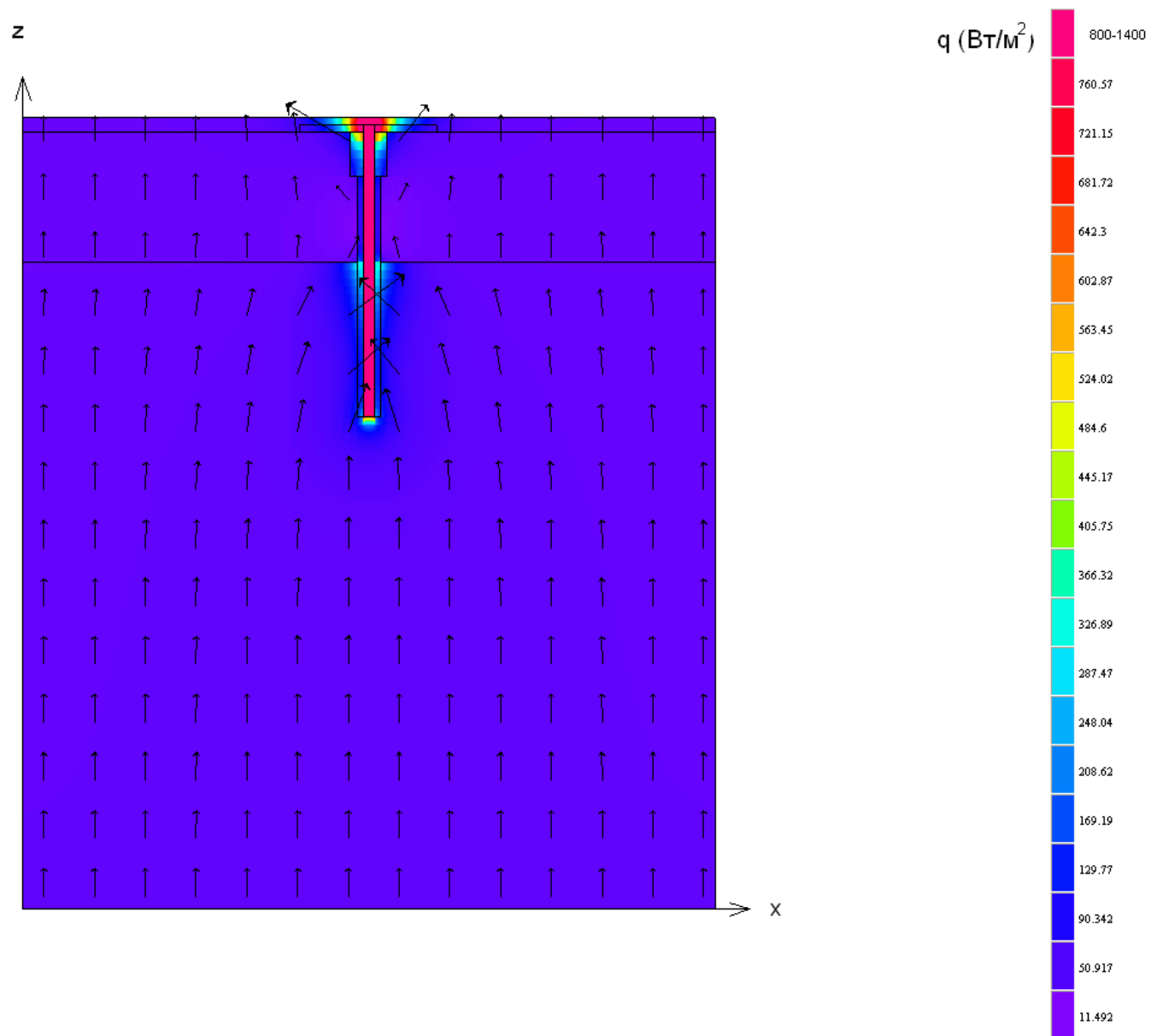


Рис.П.2.2. Распределение плотности теплового потока в поперечном сечении фасада при толщине утеплителя 50 мм и плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м².

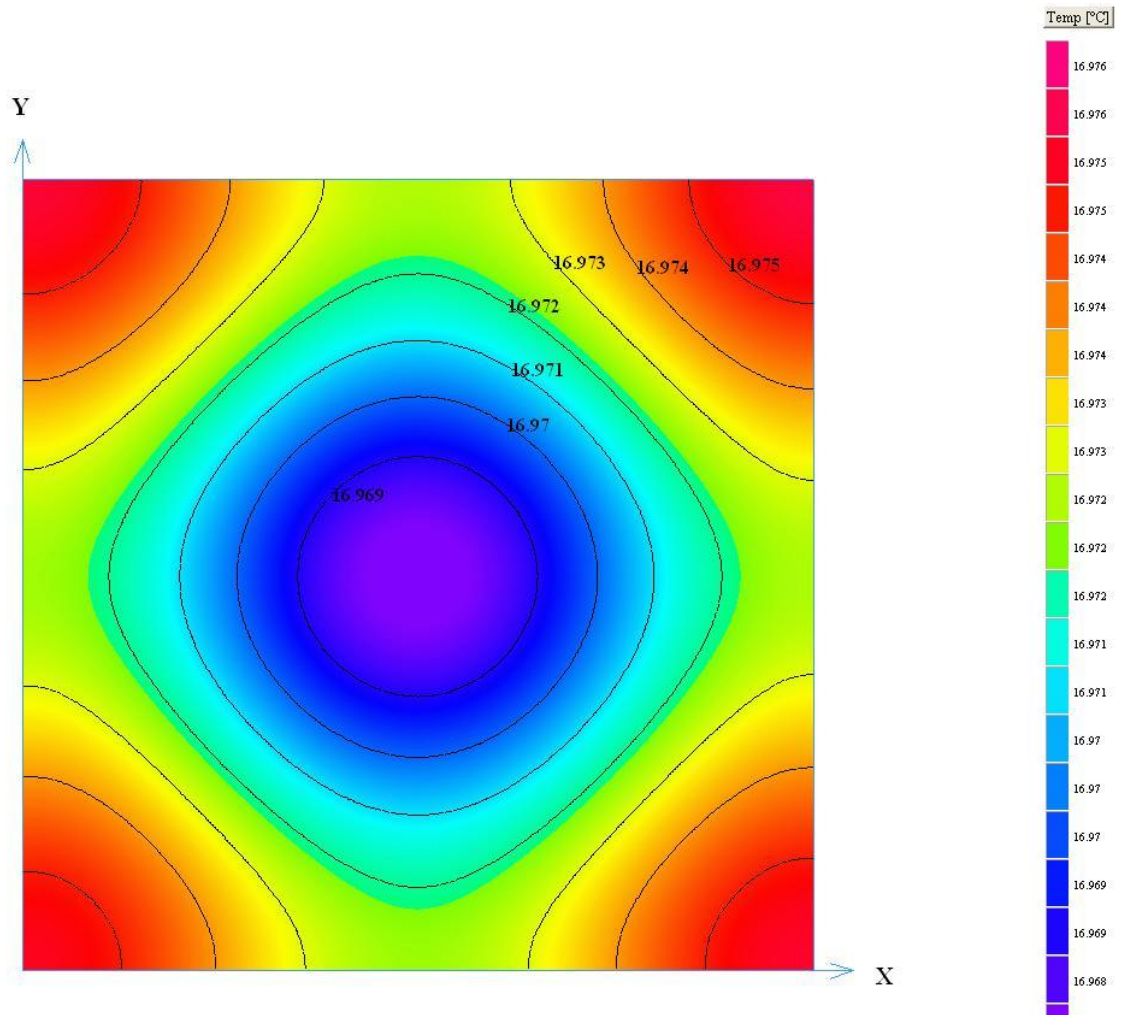


Рис.П.2.3. Распределение температуры на внутренней поверхности фасада при толщине утеплителя 50 мм и плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м².

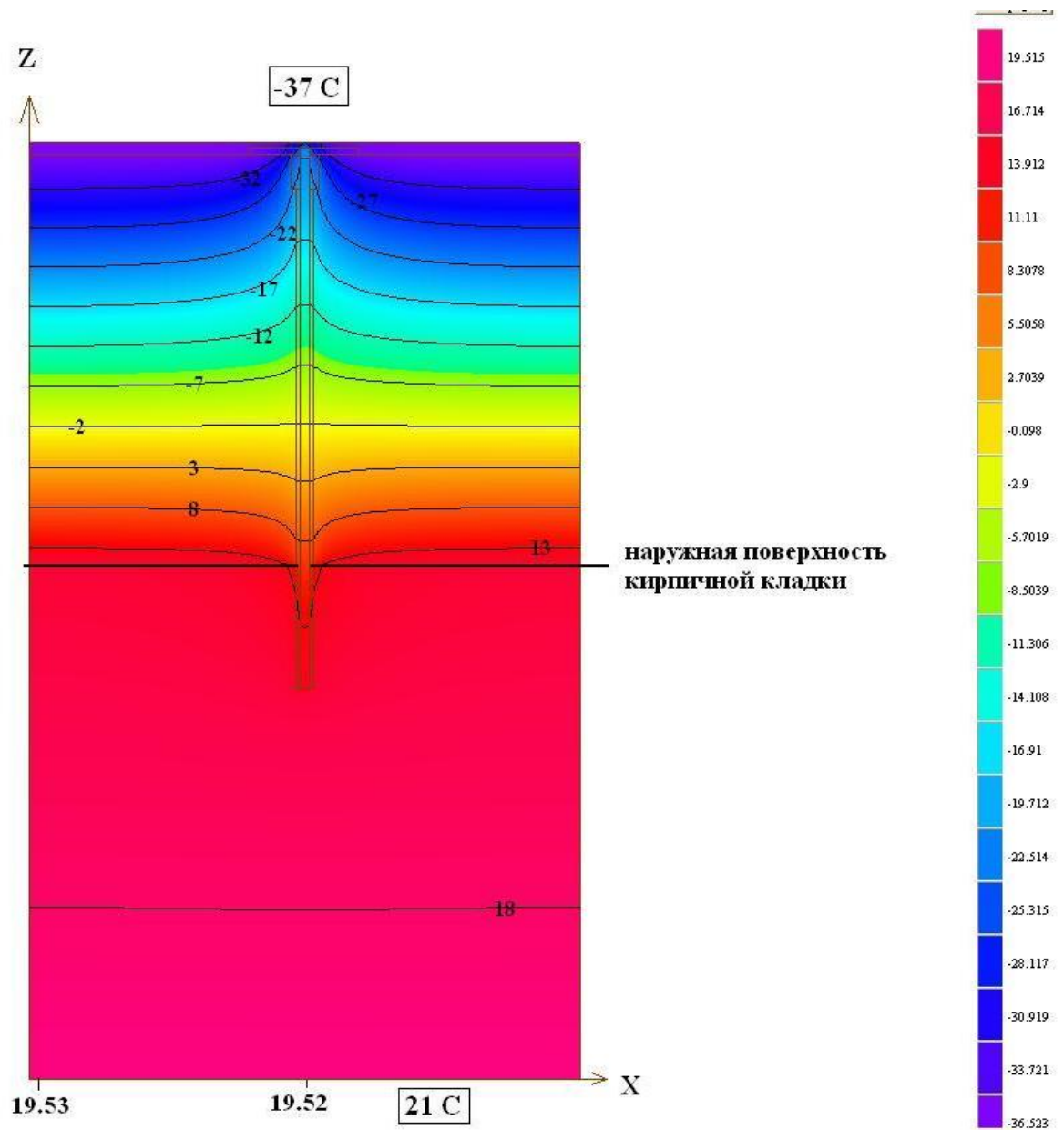


Рис.П.2.4. Распределение температуры в поперечном сечении фасада при толщине утеплителя 200 мм и плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м².

Распределение тепловых характеристик в фасадной системе при применении анкеров тарельчатых с распорными элементами из оцинкованной стали с термоголовками

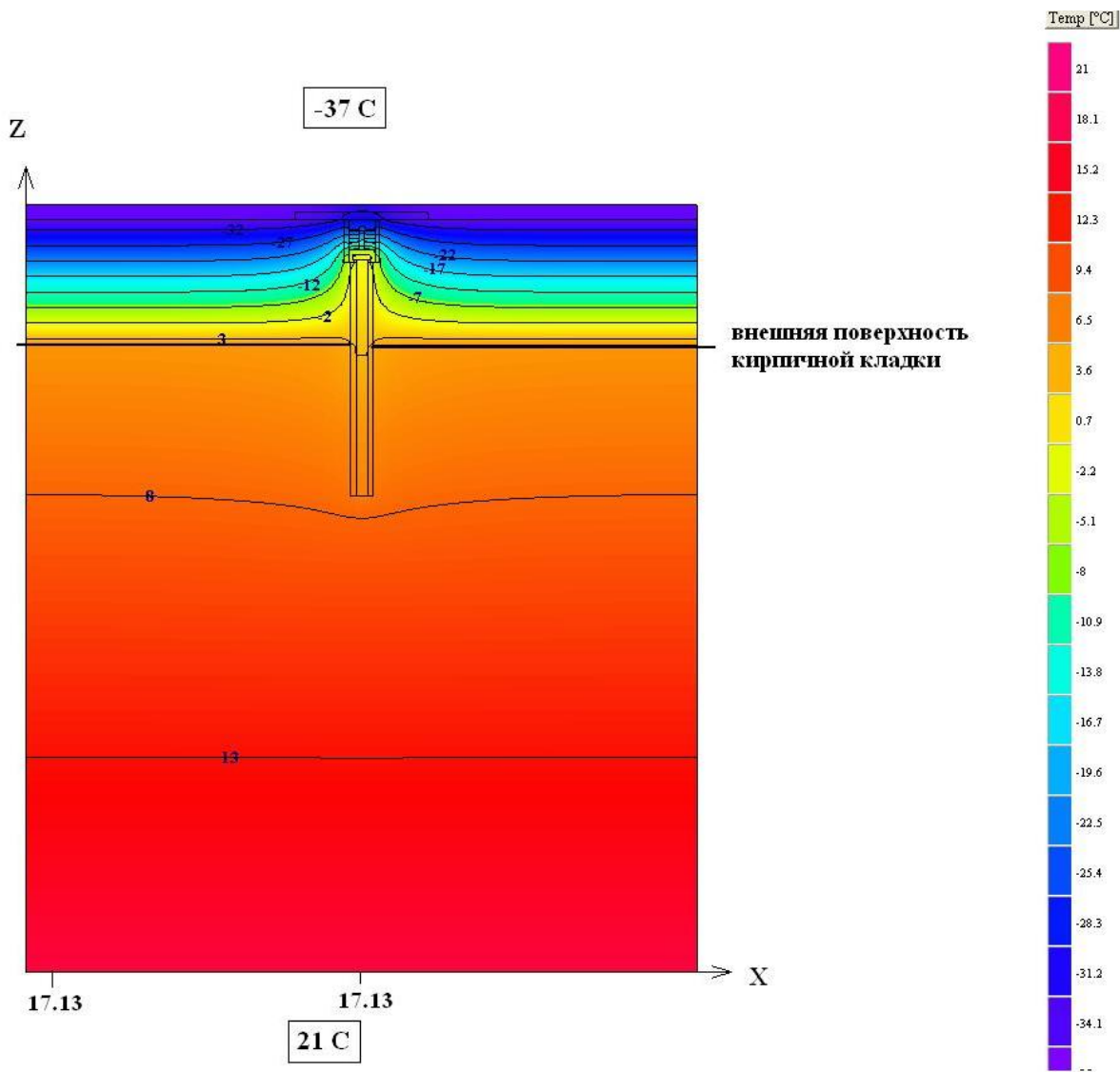


Рис.П.3.1. Распределение температуры в поперечном сечении фасада при толщине утеплителя 50 мм и плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м².

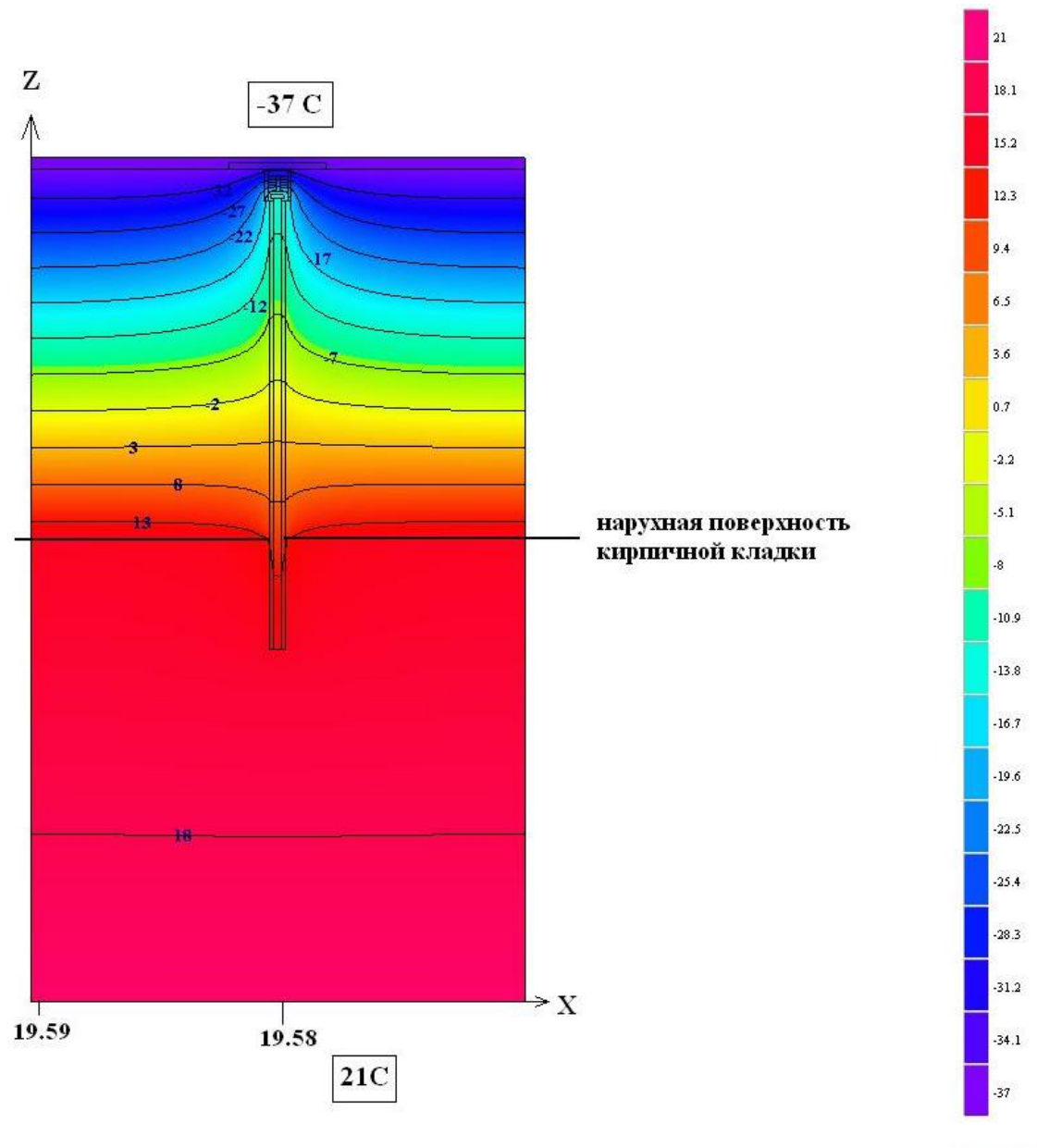


Рис.П.3.2. Распределение температуры в поперечном сечении фасада при толщине утеплителя 200 мм и плотности расположения анкеров тарельчатых 14 шт./м².