

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН
ИНСТИТУТ ТЕПЛОФИЗИКИ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по результатам теплотехнических расчетов «Фрагмента стены
из каркасно-обшивных стен (КОС) объекта «Жилой район Солнечный.
Жилой блок 2.5, секция 3.9 в г. Екатеринбурге по ул. Новосибирская»

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



Низовцев М.И.

29.11.22

НОВОСИБИРСК 2022

Заключение

по результатам теплотехнических расчетов «Фрагмента стены из каркасно-обшивных стен (КОС) объекта «Жилой район Солнечный. Жилой блок 2.5, секция 3.9 в г. Екатеринбурге по ул. Новосибирская»

По заказу ООО «КНАУФ ГИПС» были выполнены теплотехнические расчеты «Фрагмента стены из каркасно-обшивных стен (КОС) объекта «Жилой район Солнечный. Жилой блок 2.5, секция 3.9 в г. Екатеринбурге по ул. Новосибирская» с целью определения приведенного сопротивления теплопередаче, температур внутренних поверхностей и их соответствия нормативным требованиям.

Расчеты выполнялись с использованием компьютерной программы «THERM», сертифицированной в России, № сертификата соответствия РОСС RU.СП15.Н00171 и программы «HEAT 3.5», специализированной для выполнения объемных теплотехнических расчетов строительных конструкций.

При расчетах температура внутреннего воздуха в помещении принималась $t_{в}=21^{\circ}\text{C}$ (согласно ГОСТ 30494-2011), на улице – $t_{н}= -32^{\circ}\text{C}$, что соответствует наиболее холодной пятидневки для условий г. Екатеринбурга (СП 131.13330.2020 «Строительная климатология»).

Согласно «Рабочей документации Фрагмент стены КОС. Секция 3.9. Конструкции металлические детализованные», представленной Заказчиком, фрагмент стены выполнен из 4 каркасно-обшивных панелей (рис.1).

Состав панелей КОС приведен на рис.2, и включает от внутренней поверхности к наружной: 2 слоя ГКЛ по 12,5 мм, пароизоляционная мембрана, каркас панели ЛСТК с утеплением 150 мм, слой горизонтальной обрешетки СП-45-45-07 с минераловатным утеплением, слой вертикальной обрешетки СП-45-45-07 с минераловатным утеплением, гидроветрозащитная мембрана, аквапанель наружная КНАУФ 12,5 мм, декоративная штукатурка толщиной 5 мм. В качестве минераловатного утеплителя в панелях используется «Вата-Кнауф Инсулейшн TS034».

Важными конструктивными элементами каждой панели КОС являются металлические элементы каркаса панели и металлические профили ОПП-45-45-7 горизонтальной и вертикальной обрешетки. Основные элементы металлического каркаса панели представлены перфорированными профилями типа ТСС-55-150, нижним горизонтальным профилем ТНРН-150-80-1.5, верхним горизонтальным профилем ТНРВ-150-80-1.5, вертикальными профилями ПН-75-60-1.2 и ПС-75-55-1.2. На первом этапе были проведены плоские теплотехнические расчеты узлов основных металлических элементов панелей КОС с целью определения приведенных коэффициентов теплопроводности для последующего использования их в объемных теплотехнических расчетах панелей.

На рис.3 приведен чертеж перфорированного металлического профиля ТСС-55-150-50-1.2. Выполнен теплотехнический расчет перфорированного участка $d=150$ мм профиля при заданном температурном перепаде и фиксированных граничных условиях с использованием компьютерной программы «THERM» (рис.4а). В результате расчета получено приведенное термическое сопротивление перфорированного участка, $R = 0,0369^{\circ}\text{Cm}^2/\text{Вт}$ и определен приведенный коэффициент теплопроводности, $\lambda = d/R = 0,15/0,0369 = 4,1 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$. Результаты теплотехнического расчета профиля ТСС-55-150-50-1,2, заполненного минеральной ватой, показаны на рис.4б. По результатам расчета определены приведенное термическое сопротивление, $R = 0,844^{\circ}\text{Cm}^2/\text{Вт}$ и приведенный коэффициент теплопроводности, $\lambda = d/R = 0,15/0,844 = 0,18 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$.

На рис.5 приведены чертежи верхнего и нижнего профиля каркаса панели КОС, а на рис.6 показаны результаты теплотехнического расчета перфорированного участка верхнего и нижнего профиля каркаса. В результате расчета получены приведенное термическое сопротивление перфорированного участка профиля $R=0,0138^{\circ}\text{Cm}^2/\text{Вт}$ (рис.6) и приведенный коэффициент теплопроводности $\lambda = d/R = 0,08/0,0138 = 5,8 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$. Полученный приведенный коэффициент теплопроводности перфорированного участка

профиля был использован при теплотехнических расчетах верхнего и нижнего профиля каркаса, заполненных минеральной ватой (рис.7). По результатам расчетов приведенное термическое сопротивление верхнего профиля каркаса с минеральной ватой $R=0,44 \text{ }^{\circ}\text{Cm}^2/\text{Вт}$, и приведенный коэффициент теплопроводности $\lambda=d/R=0,15/0,44=0,34 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$, а для нижнего профиля каркаса $R=0,61 \text{ }^{\circ}\text{Cm}^2/\text{Вт}$, $\lambda= d/R =0,15/0,61=0,24 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$.

Каркасы панелей КОС по краю имеют вертикальные профили ПН-75-60-1.2 и ПС-75-55-1.2, которые накладываются один на другой при их соединении. Наличие краевых профилей было учтено в расчетах при их размещении по одному из вертикальных краев каждой панели. На рис.8 показаны результаты расчета приведенного термического сопротивления двух наложенных профилей ПН-75-60-1.2 и ПС-75-55-1.2, по результатам расчета их приведенное термическое сопротивление составило $R=0,35 \text{ }^{\circ}\text{Cm}^2/\text{Вт}$ и приведенный коэффициент теплопроводности $\lambda= d/R =0,15/0,35=0,43 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$.

На рис.8 показан чертеж и результаты теплотехнического расчета узла металлического профиля обрешетки ОПП-45-45-7 с дополненной до прямоугольной формы сечения участками минеральной ваты. В результате расчета получено приведенное термическое сопротивление узла профиля обрешетки $R=0,12 \text{ }^{\circ}\text{Cm}^2/\text{Вт}$ и приведенный коэффициент теплопроводности $\lambda= d/R =0,045/0,12=0,38 \text{ Вт/м}^{\circ}\text{C}$.

В Таблице 1 приведены результаты теплотехнических расчетов приведенных коэффициентов теплопроводности узлов основных металлических элементов каркаса и профилей обрешетки панелей КОС, которые в дальнейшем использованы при проведении объемных теплотехнических расчетов панелей.

Таблица 1

Приведенные коэффициенты теплопроводности узлов металлических элементов панелей КОС

Наименование узла	Приведенный коэффициент теплопроводности, Вт/м°С
Профиль ТС 55-150-50-1,2 с минеральной ватой	0,18
Профиль ТНРВ 150-80-1,5 с минеральной ватой	0,34
Профиль ТНРН 150-80-1,5 с минеральной ватой	0,24
Профиль ПН-75-60-1.2 и ПС-75-55-1.2	0,43
Профиль обрешетки ОПП-45-45-07 с минеральной ватой	0,38

Рассмотрим панель СП-1. Теплотехнический расчет панели проведен в 3 этапа с последовательным добавлением слоев теплоизоляции. На первом этапе выполнен теплотехнический расчет внутреннего слоя панели, состоящей из 2 слоев ГКЛ и металлического каркаса панели толщиной 150 мм, заполненного утеплителем.

Чертеж металлического каркаса панели СП-1 показан на рис.9. На рис.10 приведен расчетный участок 1 этапа расчета, включающий все основные элементы каркаса, слой утеплителя толщиной 150 мм и 2 внутренних слоя ГКЛ. В результате расчета получено распределение температуры на внутренней поверхности ГКЛ (рис.11). Наиболее низкие температуры внутренней поверхности получены в местах расположения краевых вертикальных профилей, верхнего и нижнего горизонтального профиля каркаса. Самая низкая температура внутренней поверхности была 12,5°С. По результатам расчета получена средняя плотность теплового потока на внутренней поверхности $q=27,284 \text{ Вт/м}^2$, и определено приведенное сопротивление теплопередаче $R_{пр}=\Delta t/q=53/27,284=1,94^\circ\text{См}^2/\text{Вт}$,

где Δt – перепад температуры между температурой наружного и внутреннего воздуха.

На 2 этапе к каркасу панели с утеплителем был добавлен горизонтальный слой обрешетки с утеплителем толщиной 45 мм, согласно рис.12. Расчетный участок 2 этапа расчета показан на рис.13, а результаты расчета распределения температуры на внутренней поверхности ГКЛ приведены на рис.14. Установка горизонтального слоя обрешетки с утеплителем привела к повышению температуры на внутренней поверхности. Минимальная температура на внутренней поверхности составила 15,4°C. Средняя плотность теплового потока $q=17,76 \text{ Вт/м}^2$ и приведенное сопротивление теплопередаче $R_{пр}=\Delta t/q=53/17,76=2,98^\circ\text{См}^2/\text{Вт}$.

На 3 этапе расчета добавлена вертикальная обрешетка панели со слоем утеплителя толщиной 45 мм, согласно рис.15, аквапанель наружная КНАУФ и декоративная штукатурка. На рис.16 показан расчетный участок полностью сформированной панели СП-1. Результаты расчета распределения температуры на внутренней поверхности панели приведены на рис.17. Наиболее низкая температура внутренней поверхности панели 17,1 °С. Данная температура существенно выше температуры точки росы (температура точки росы равна 11,6°C при температуре воздуха 21°C и его влажности 55%), и опасности конденсации влаги на поверхности нет при нормальной влажности внутреннего воздуха. По результатам расчета средняя плотность теплового потока на внутренней поверхности панели $q=13,42 \text{ Вт/м}^2$ и приведенное сопротивление теплопередаче $R_{пр}=\Delta t/q=53/13,42=3,95^\circ\text{См}^2/\text{Вт}$.

Подобным образом были проведены теплотехнические расчеты панелей КОС СП-2, СП-3 и СП-4, результаты расчетов сведены в таблицу 2 и показаны в виде распределения температуры на внутренних поверхностях панелей (рис.18-рис.20).

Результаты теплотехнических расчетов панелей КОС

Поэтапный расчет панелей КОС	Минимальная температура внутренней поверхности, °С	$R_{пр}, °См^2/Вт$	S - площадь непрозрачной поверхности панели, м ²
СП-1			
1 этап (каркас с утеплением)	12,5	1,94	
2 этап (добавлен слой обрешетки с минватой)	15,4	2,98	
3 этап (вся панель)	17,1	3,95	4,407
СП-2			
1 этап	12,5	2,06	
2 этап	15,0	3,07	
3 этап	17,0	4,12	5,522
СП-3			
1 этап	12,5	2,06	
2 этап	16,0	3,11	
3 этап	17,3	4,05	5,447
СП-4			
1 этап	12,7	2,17	
2 этап	15,5	3,09	
3 этап	17,2	4,23	6,942

Определено приведенное сопротивление теплопередачи фрагмента стены из 4 панелей КОС по результатам выполненных расчетов:

$$R_{np.cm} = \frac{\sum_i R_{npi} \times S_i}{\sum_i S_i} = 4,10 \text{ } °См^2/Вт,$$

где R_{npi} - приведенное сопротивление теплопередаче непрозрачной части i-панели, а S_i - площадь непрозрачной части i-панели.

Согласно [1, 3] требуемое нормативное сопротивление теплопередаче наружных стен жилых зданий в г. Екатеринбурге $R_{нор}=3,44$ °См²/Вт. Таким образом, полученное в результате расчетов приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента стены КОС, $R_{пр.см}=4,10$ °См²/Вт, удовлетворяет нормативным требованиям по сопротивлению теплопередаче наружных стен жилых зданий для климатических условий г. Екатеринбурга и превышает требуемое нормативное значение на 19%.

Из данных таблицы 2 также следует, что наиболее низкая температура внутренней поверхности стены фрагмента КОС составила 17°С, и существенно превышает температуру точки росы 11,6 °С и, таким образом, удовлетворяет гигиеническим требованиям по допустимым минимальным температурам непрозрачных внутренних поверхностей.

Выводы

Выполненные теплотехнические расчеты «Фрагмента стены из каркасно-обшивных стен (КОС) объекта «Жилой район Солнечный. Жилой блок 2.5, секция 3.9 в г. Екатеринбурге по ул. Новосибирская» показали:

- приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента наружной стены составляет 4,1°См²/Вт и удовлетворяет нормативным требованиям для вновь строящихся и реконструируемых зданий в г. Екатеринбурге;
- минимальная температура на внутренней поверхности фрагмента стены равна 17°С и удовлетворяет нормативным санитарно-гигиеническим требованиям.

Литература

1. СНиП 23-02-2003 Актуализированная редакция, СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».
2. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защита зданий».
3. СП 131.13330.2012 «Строительная климатология». Актуализированная версия СНиП 23-01-99*.
4. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».
5. Рабочая документация «Фрагмент стены КОС. Секция 3.9. Конструкции металлические. Конструкции металлические детализованные» Шифр 0149-ПСП-КМ/КМД. Г. Москва. 2022 г.

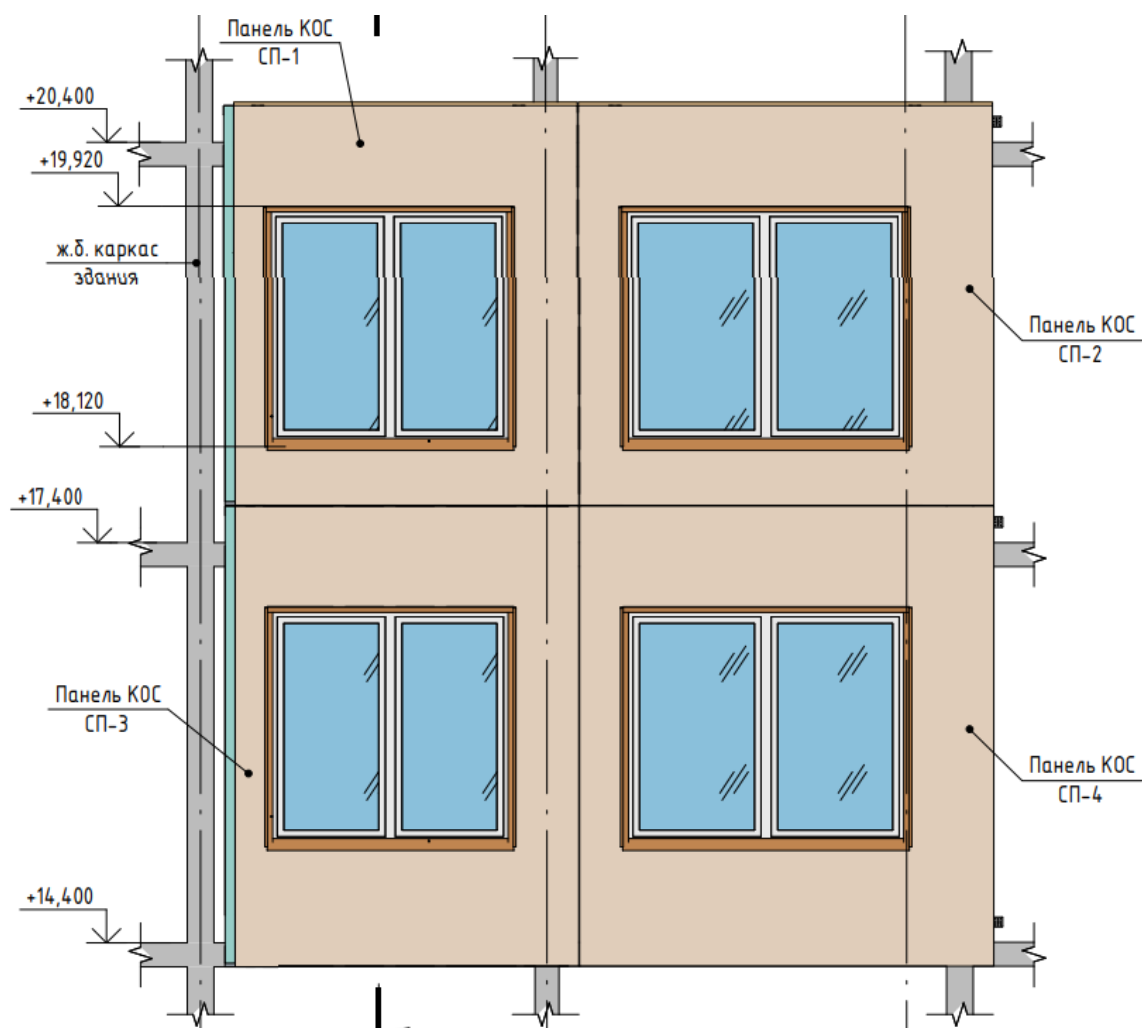


Рис.1. Фрагмент стены КОС.

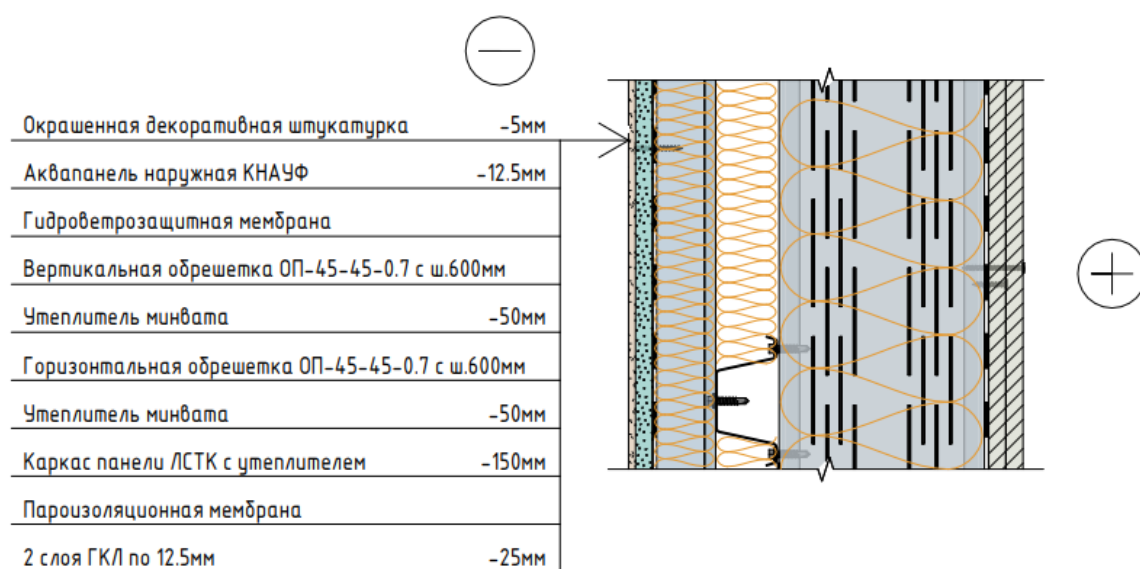
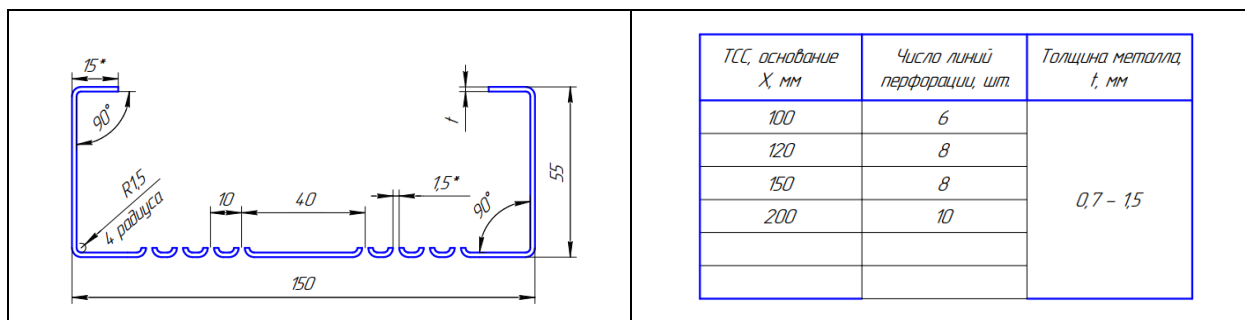


Рис.2. Состав панели КОС.



ТСС 55-120-t

ТСС 55-150-t

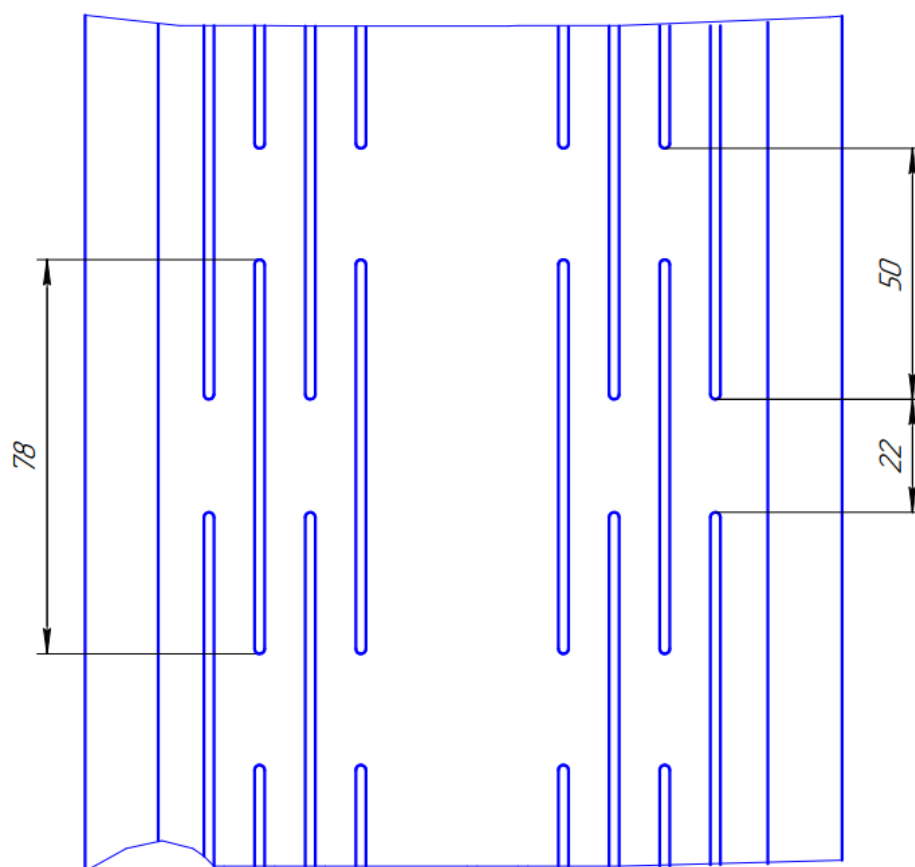


Рис.3. Чертеж профиля ТСС 55-150-50-1.2.

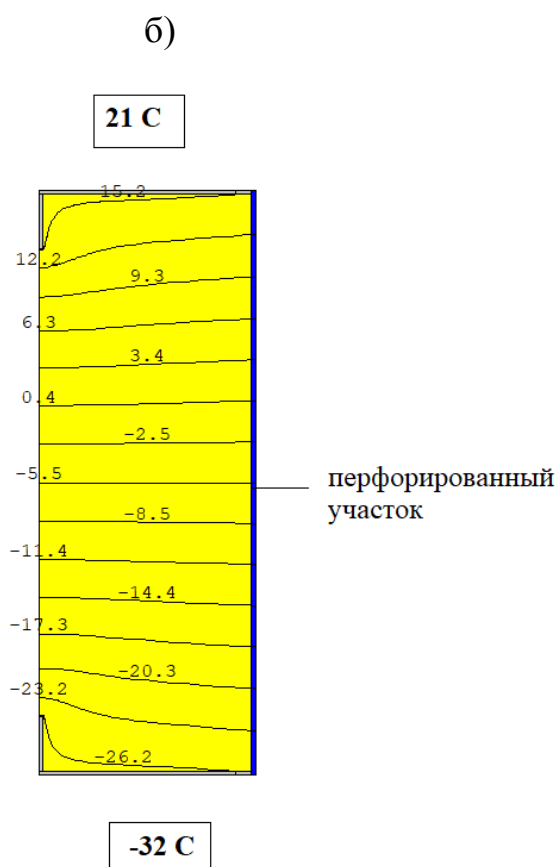
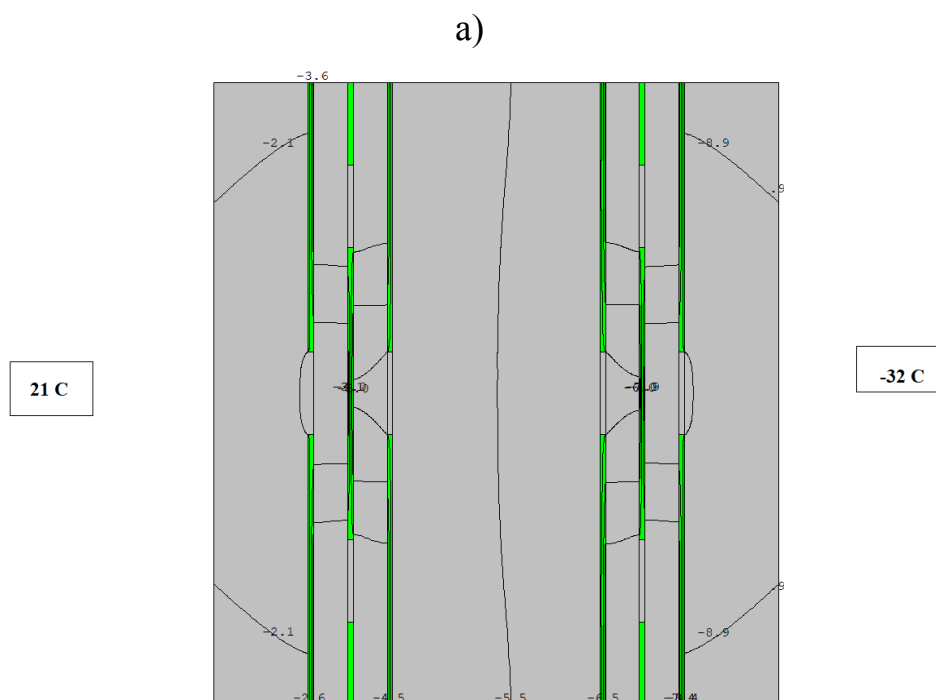
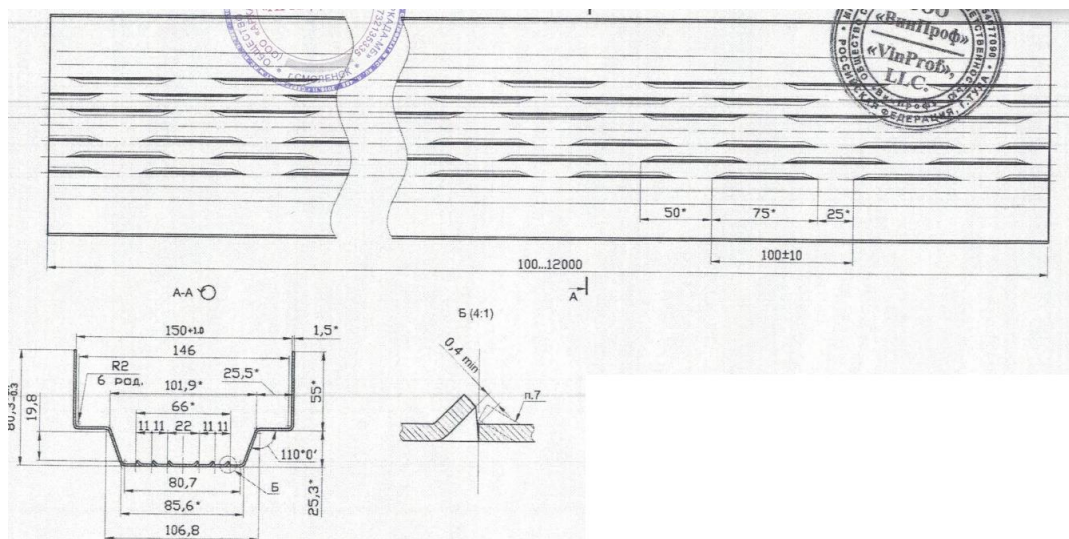


Рис.4. Результаты теплотехнического расчета профиля 55-150-50-1.2
а) перфорированного участка, б) профиля с утеплителем.

a)



6)

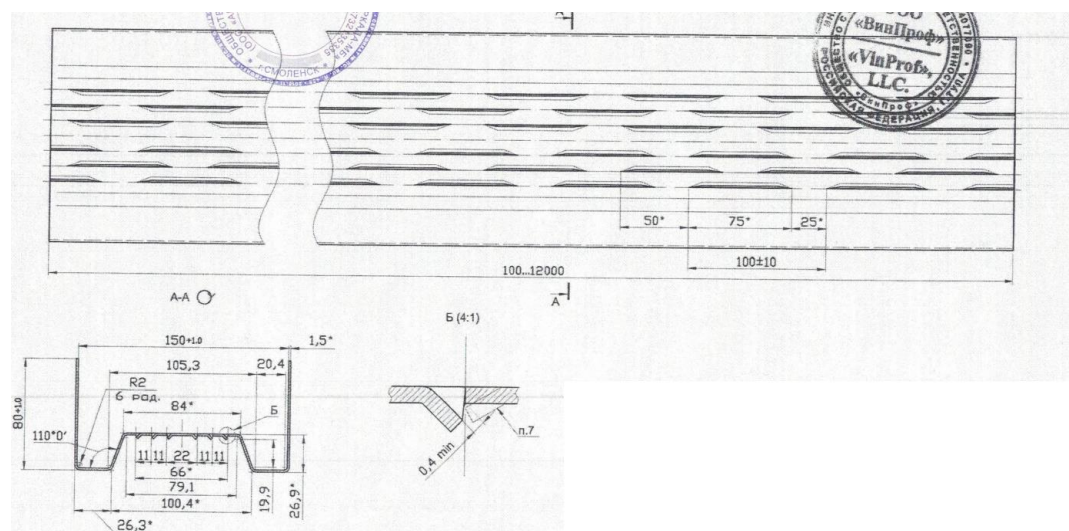
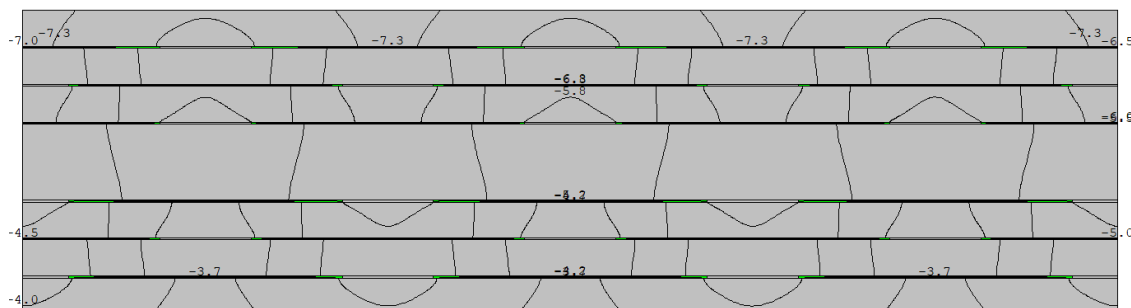


Рис.5. Чертеж а) верхнего и б) нижнего профилей каркаса панели КОС.

-32 C



21 C

Рис.6. Результаты теплотехнического расчета перфорированного участка нижнего и верхнего профиля каркаса.

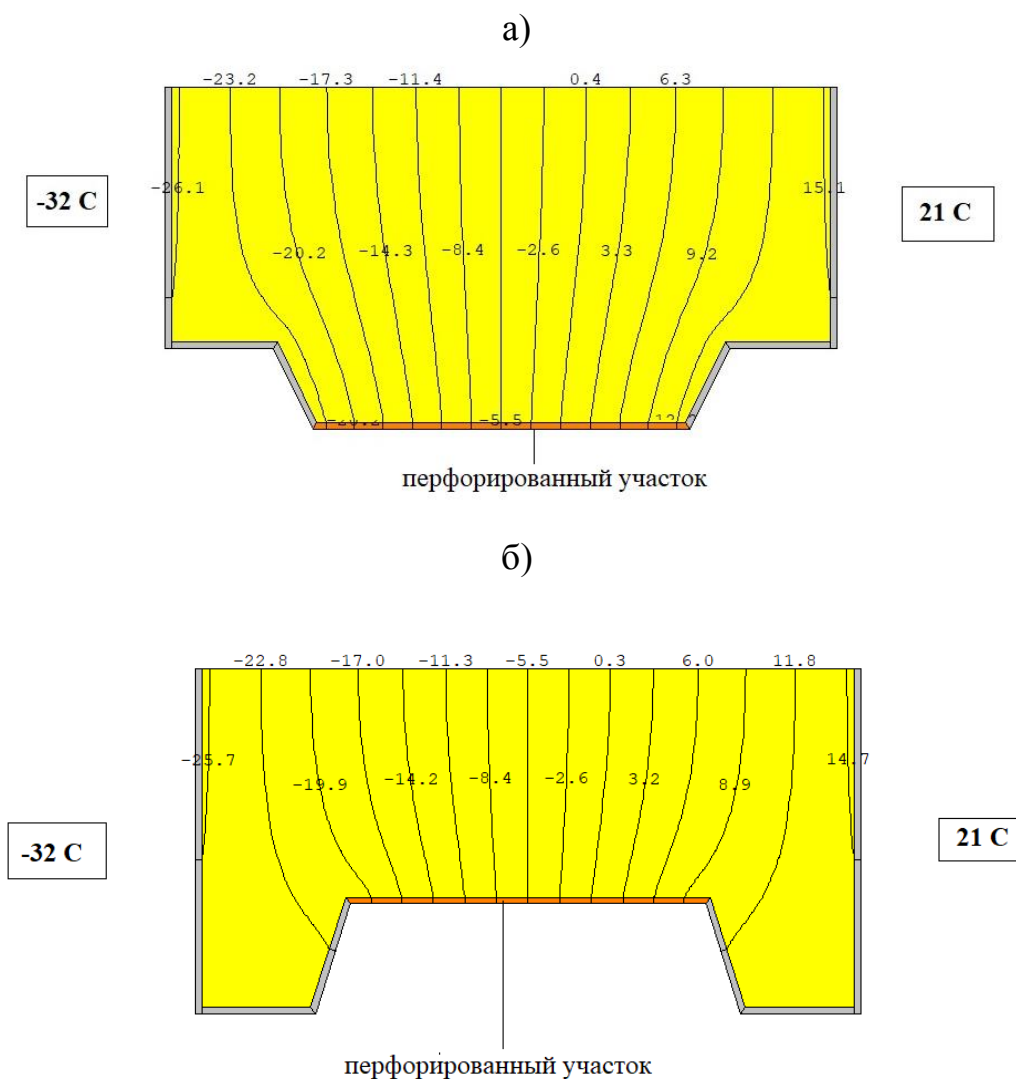


Рис.7. Результаты теплотехнического расчета а) верхнего, б) нижнего профиля каркаса с утеплителем.

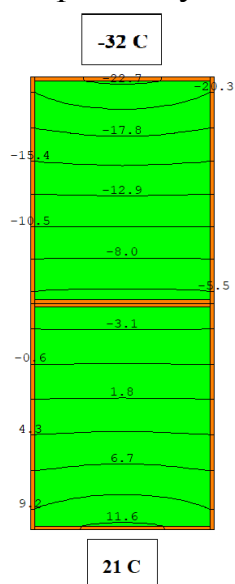
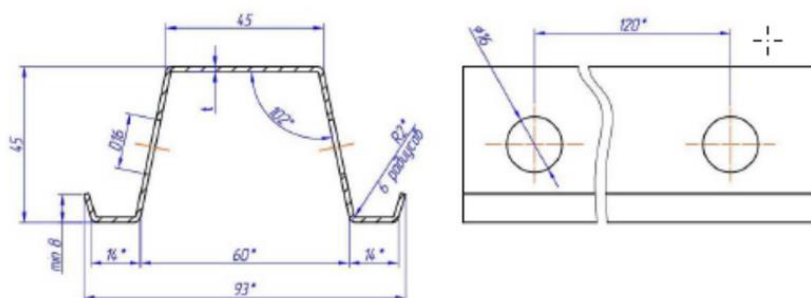


Рис.8. Результаты теплотехнического расчета вертикальных профилей ПН-75-60-1.2 и ПС-75-55-1.2.

а)



Профили марки ОПП -45-45-t. (Размеры в миллиметрах)

Профиль	t	m кг
ОПП -45-45	0,5	0,69
ОПП -45-45	0,7	0,95

б)

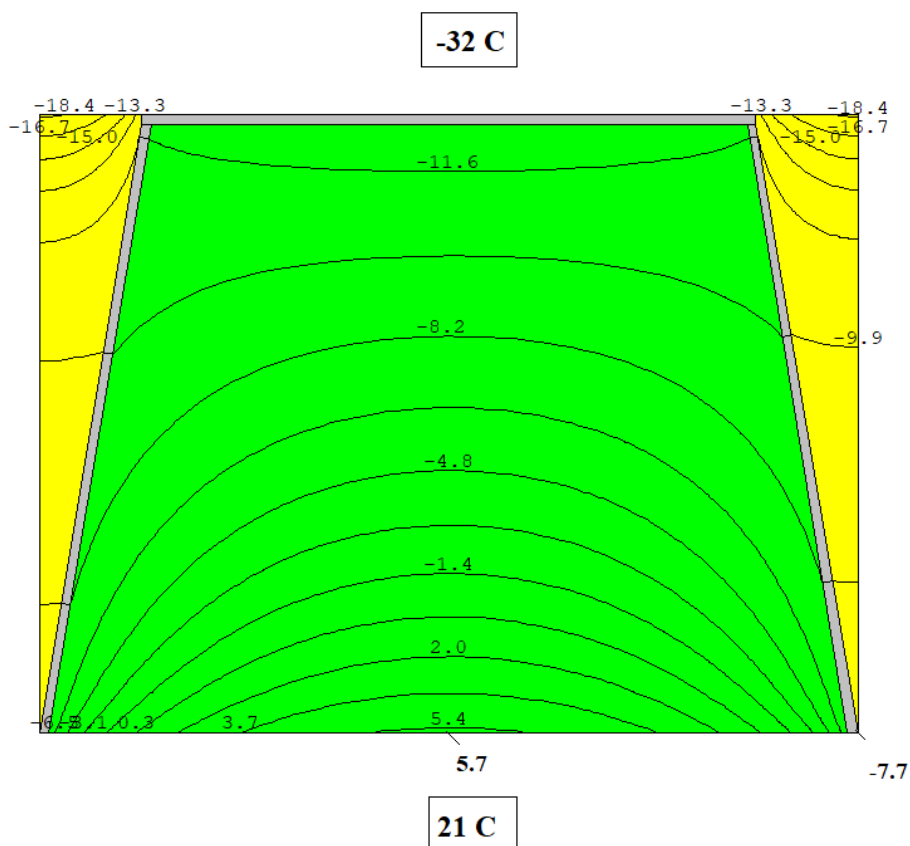


Рис.8. Узел металлического профиля обрешетки:
а) чертеж, б) результаты теплотехнического расчета.

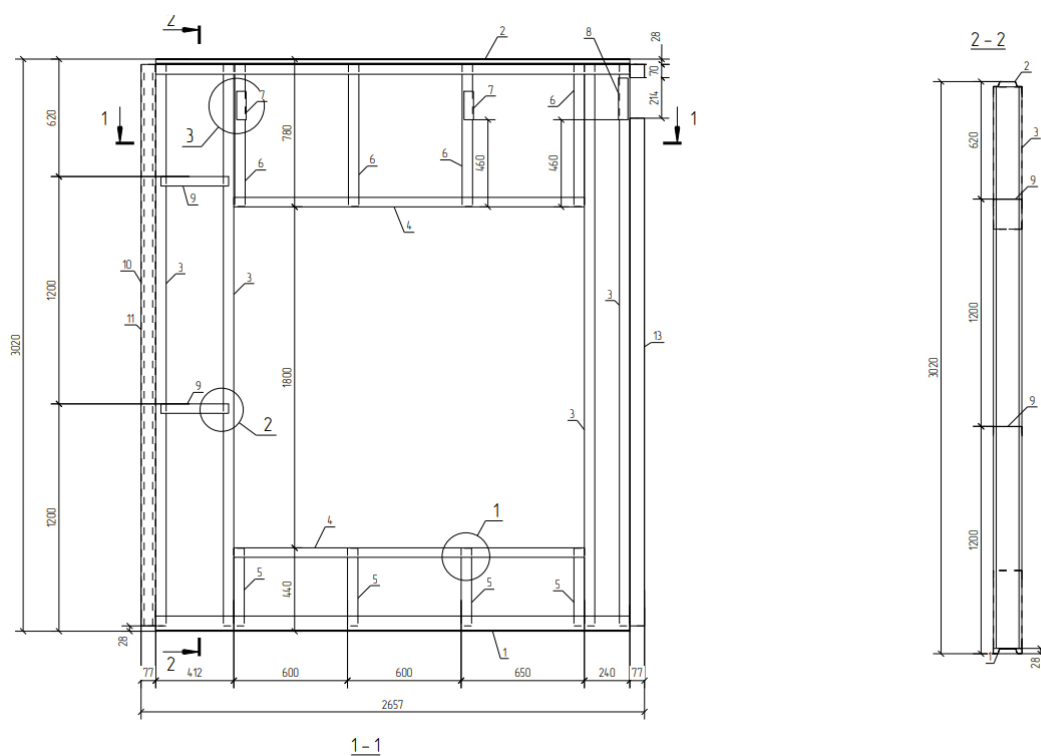


Рис.9. Чертеж металлического каркаса панели СП-1.

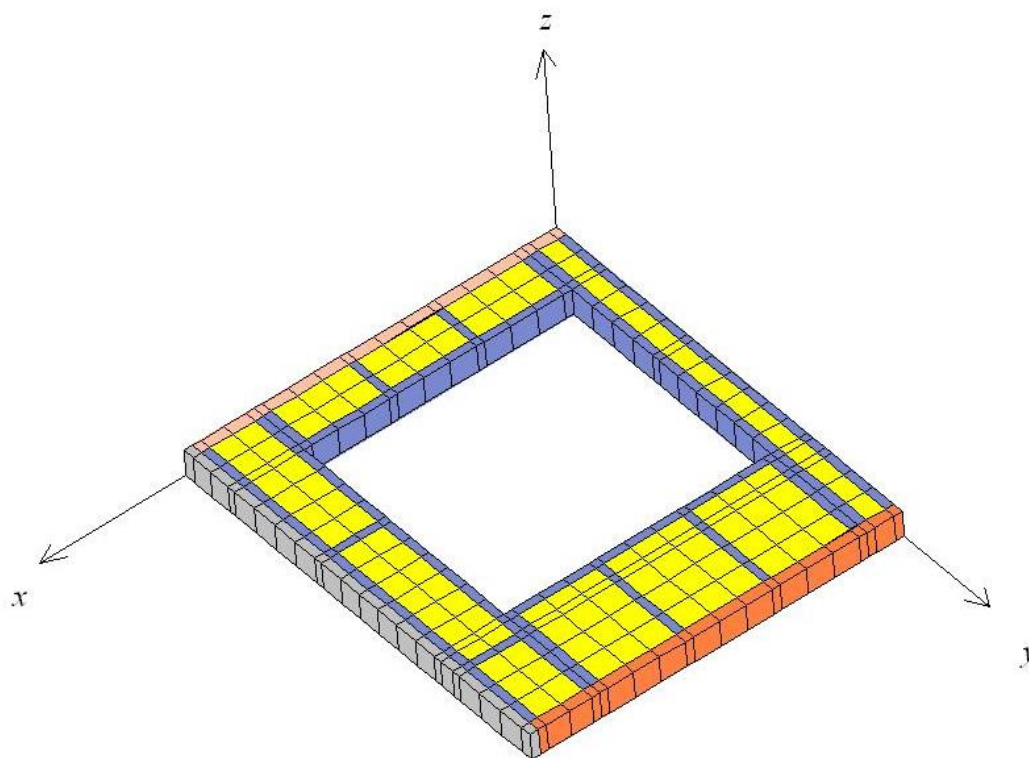


Рис.10. Расчетный участок 1 этапа расчета

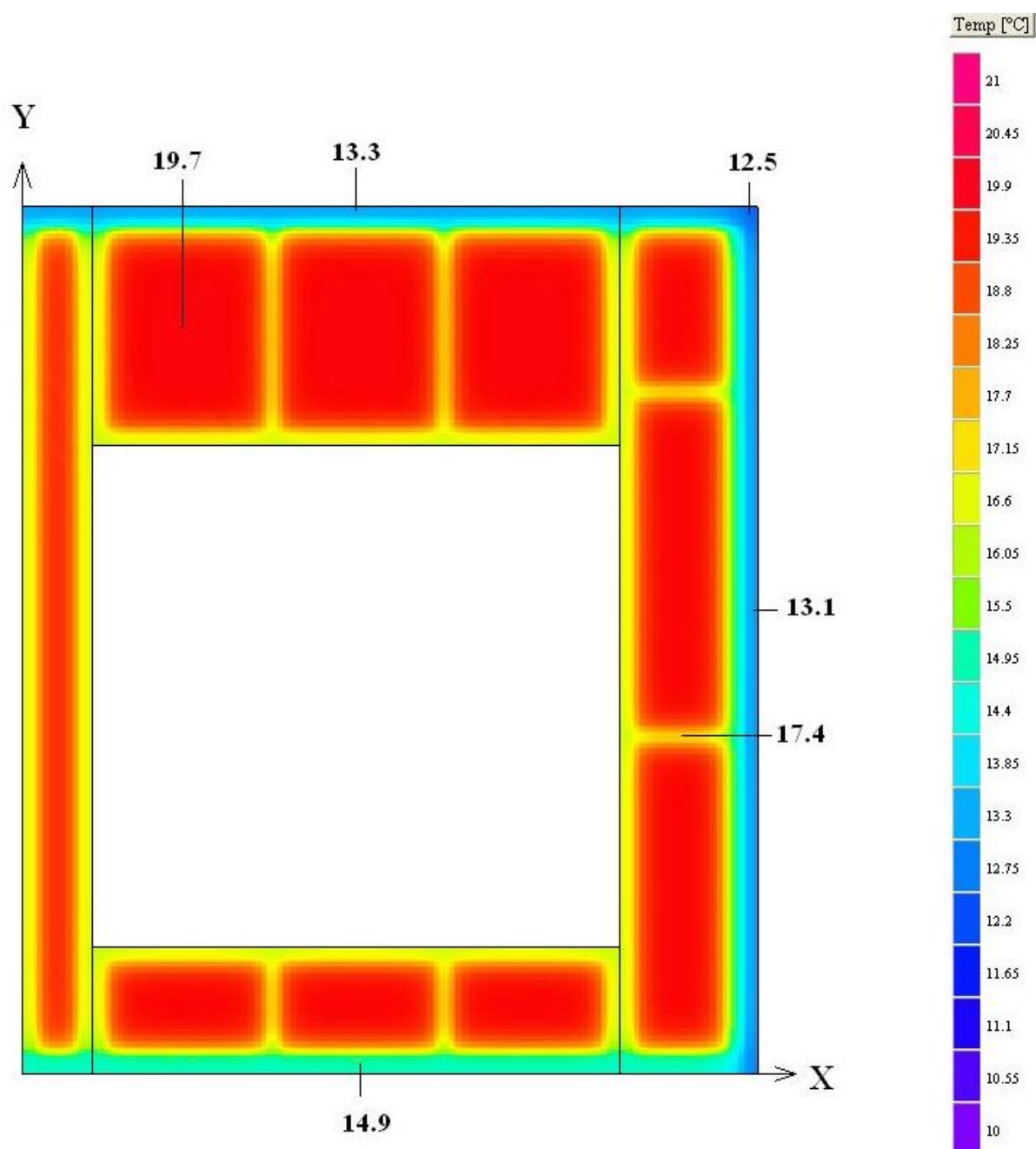


Рис.11. Распределение температуры на внутренней поверхности ГКЛ.
(1 этап расчета панели СП-1).

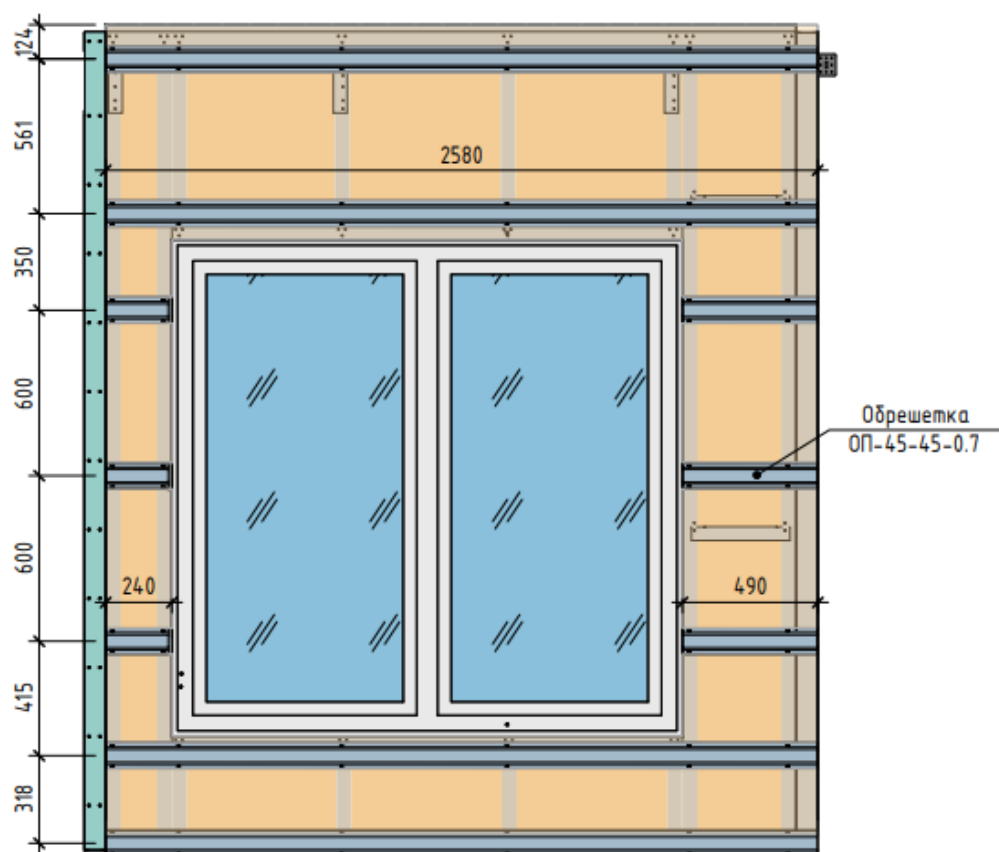


Рис.12. Схема расположения горизонтальной обрешетки панели СП-1.

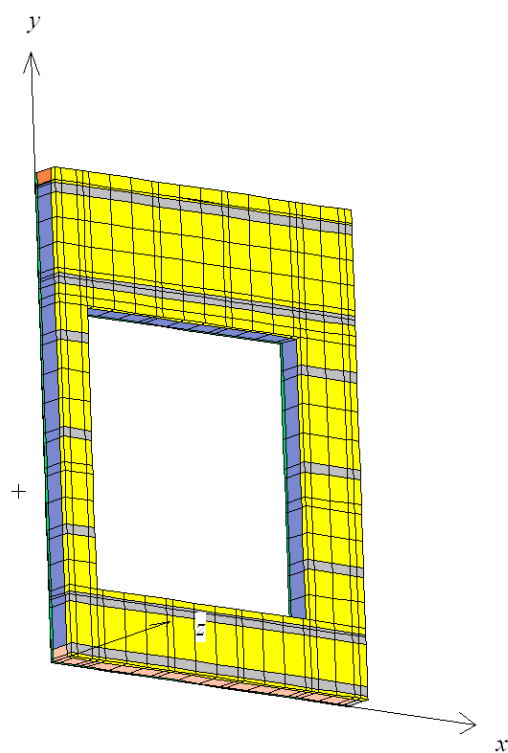


Рис.13. Расчетный участок 2 этапа расчета.

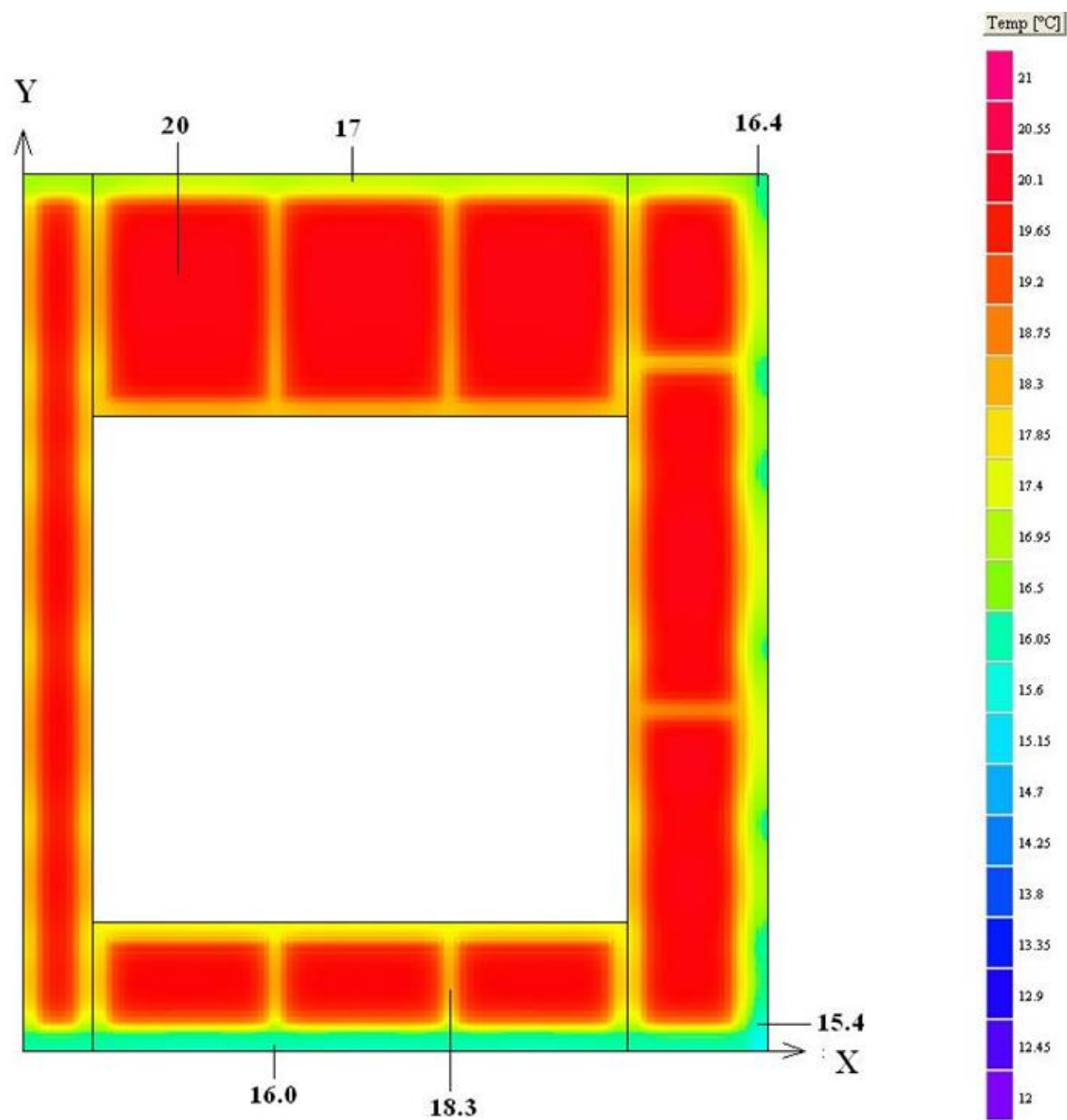


Рис.14. Распределение температуры на внутренней поверхности ГКЛ.
(2 этап расчета панели СП-1).

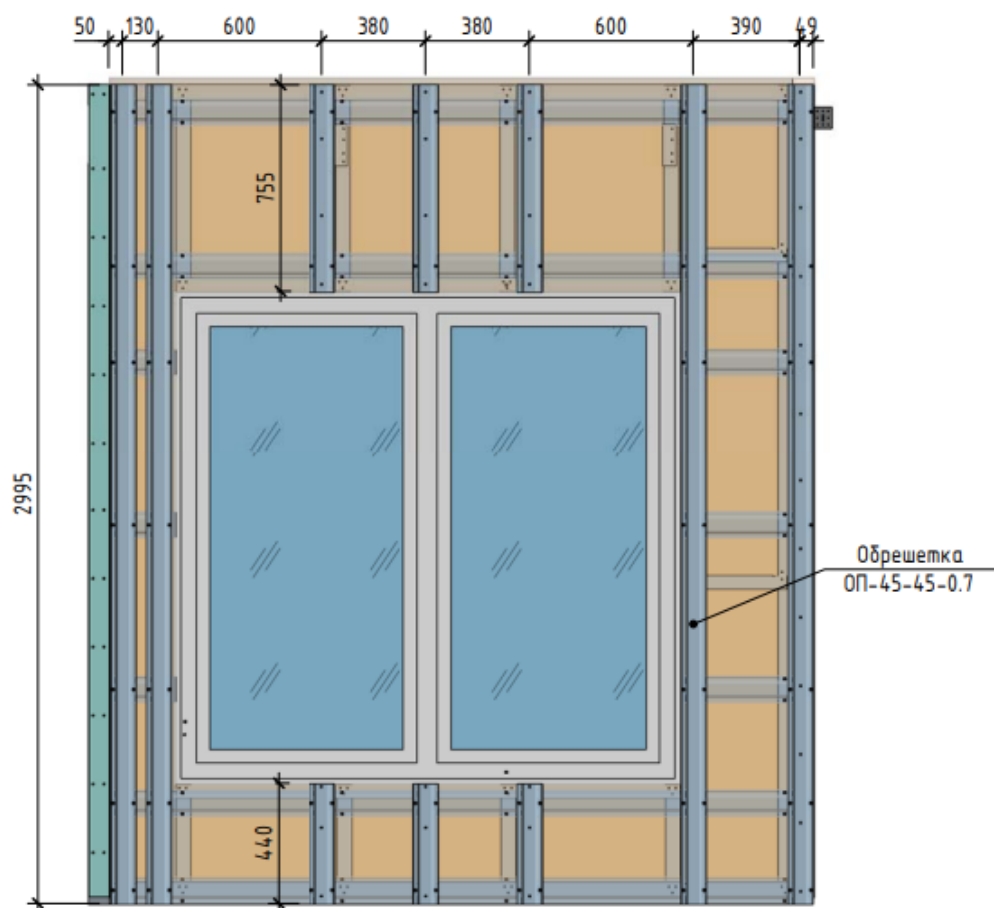


Рис.15. Схема расположения вертикальной обрешетки панели СП-1.

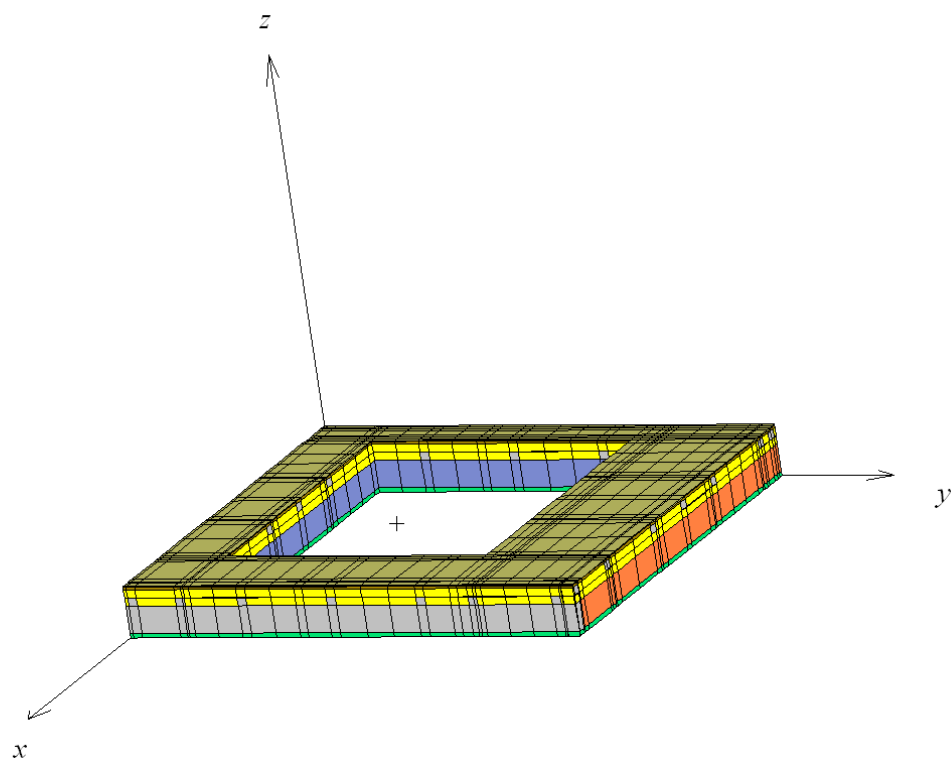


Рис.16. Расчетный участок 3 этапа расчета.

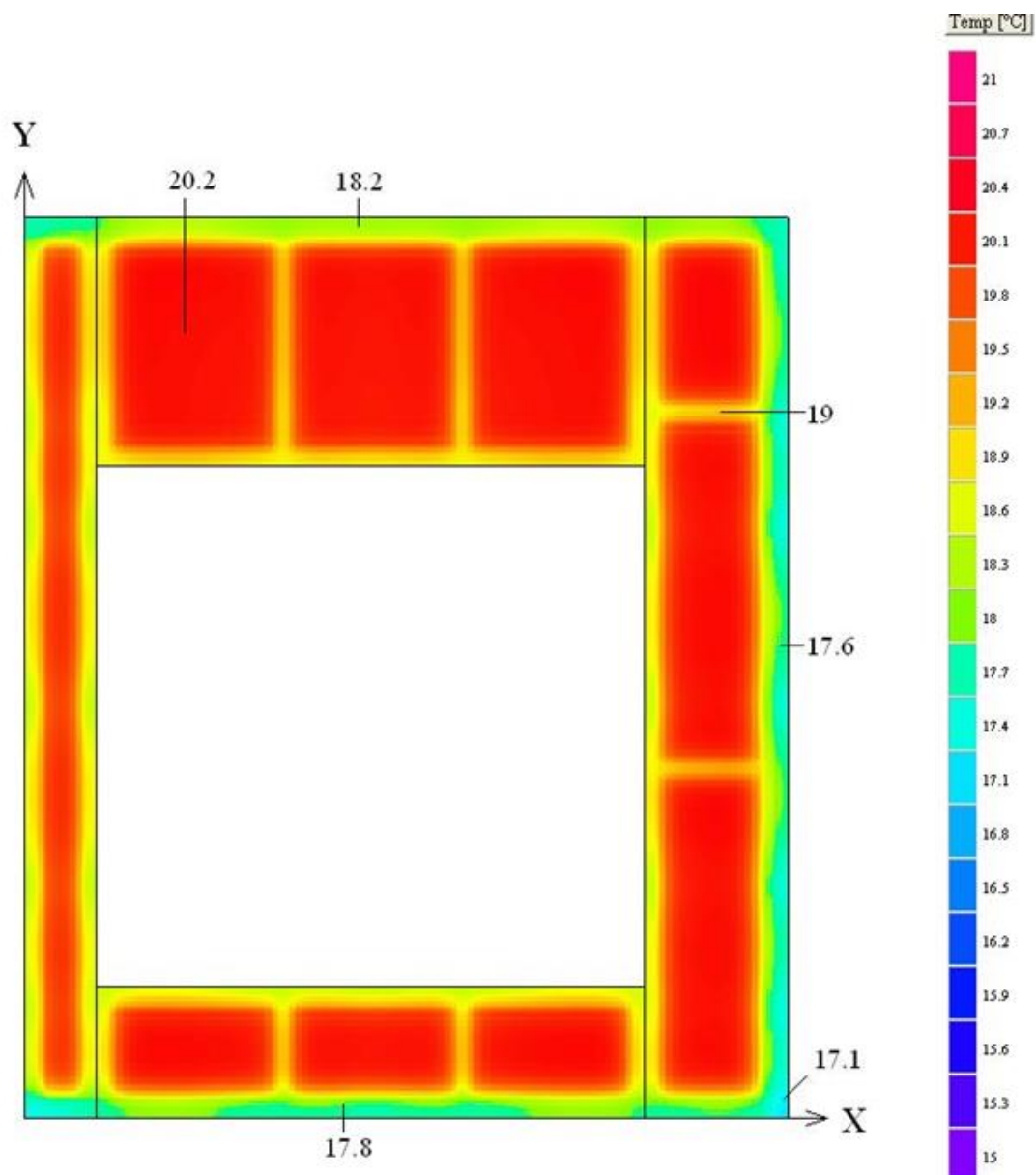


Рис.17. Распределение температуры на внутренней поверхности панели СП-1.

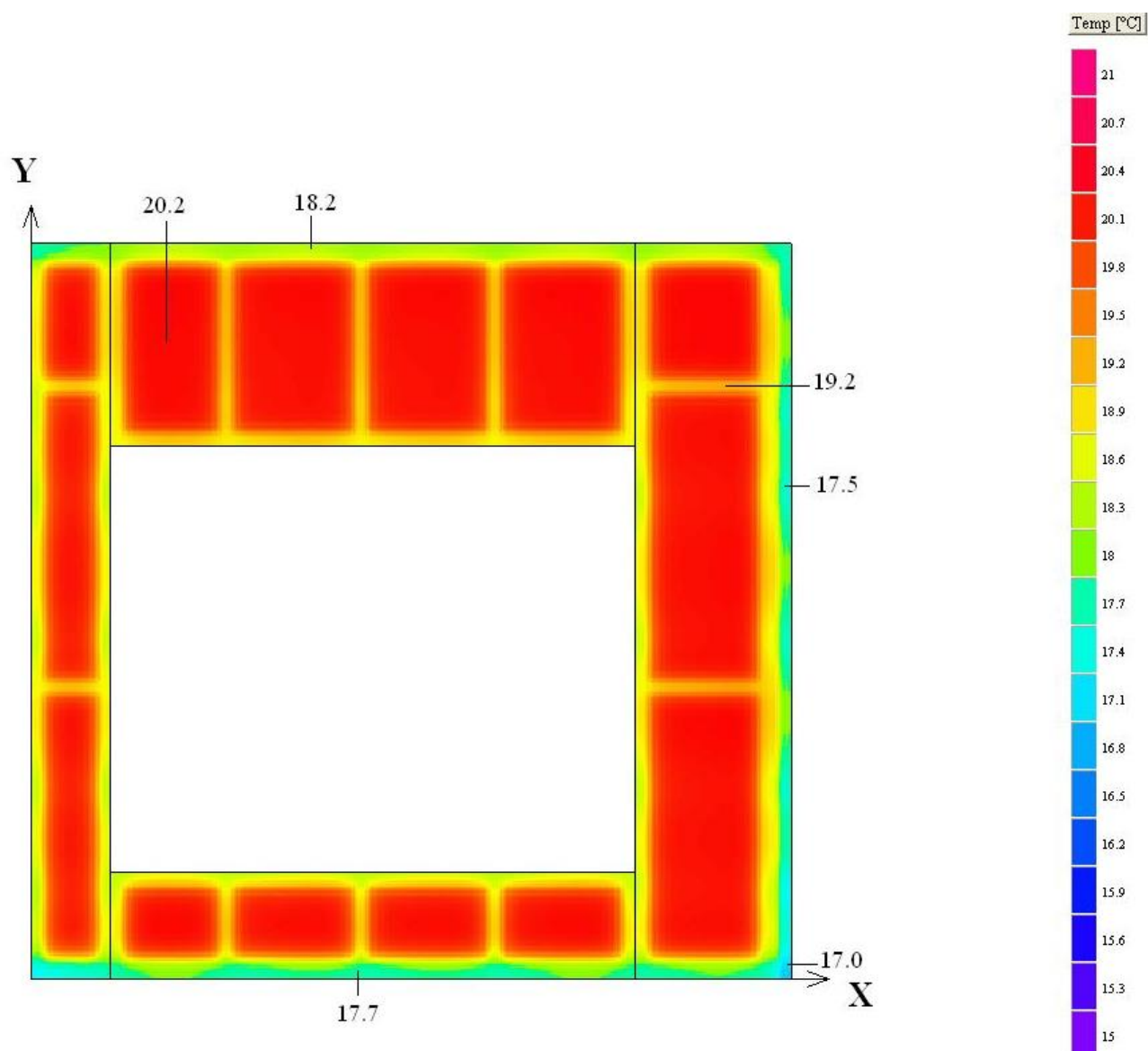


Рис.18. Распределение температуры на внутренней поверхности панели СП-2.

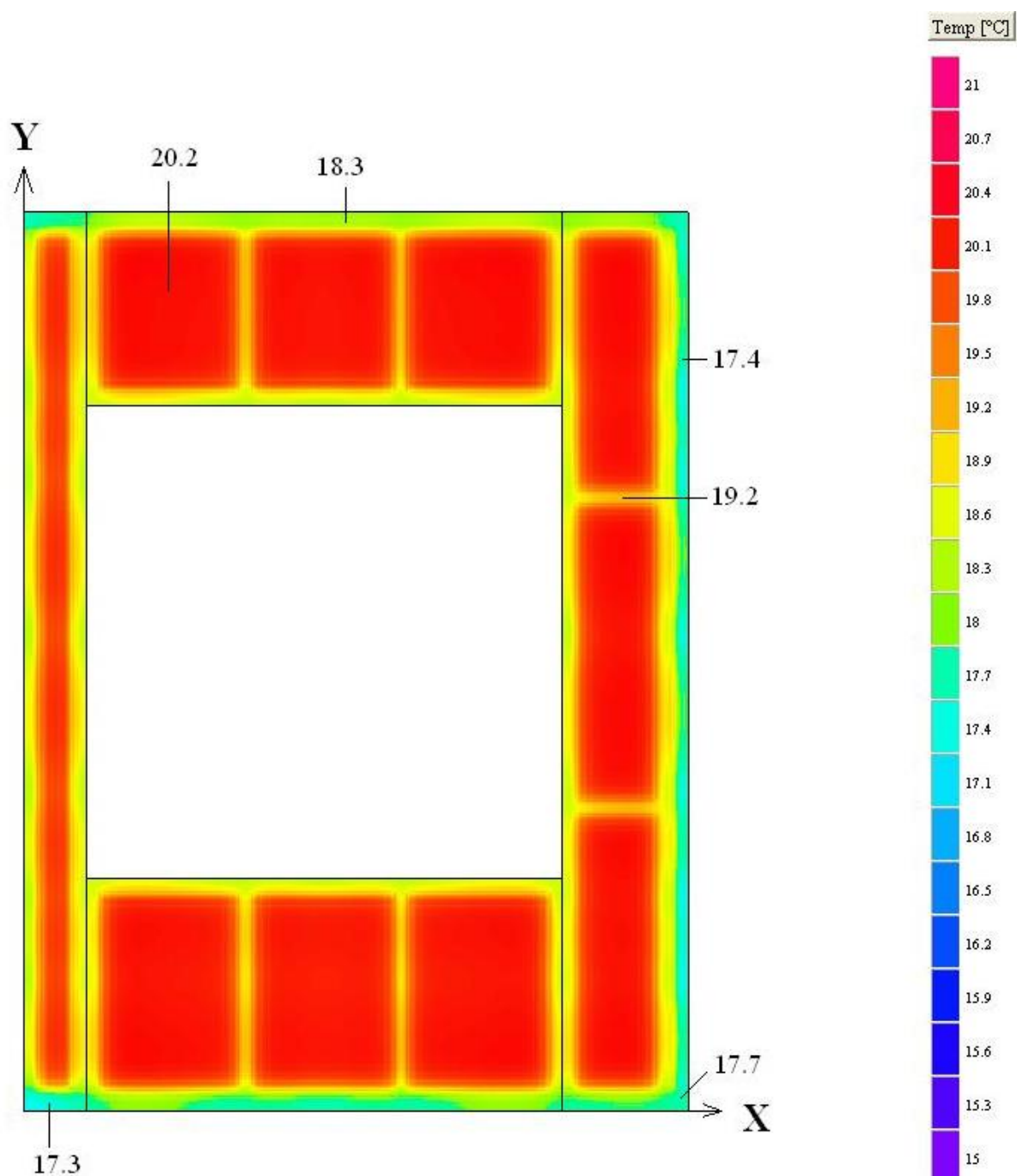


Рис.19. Распределение температуры на внутренней поверхности панели СП-3.

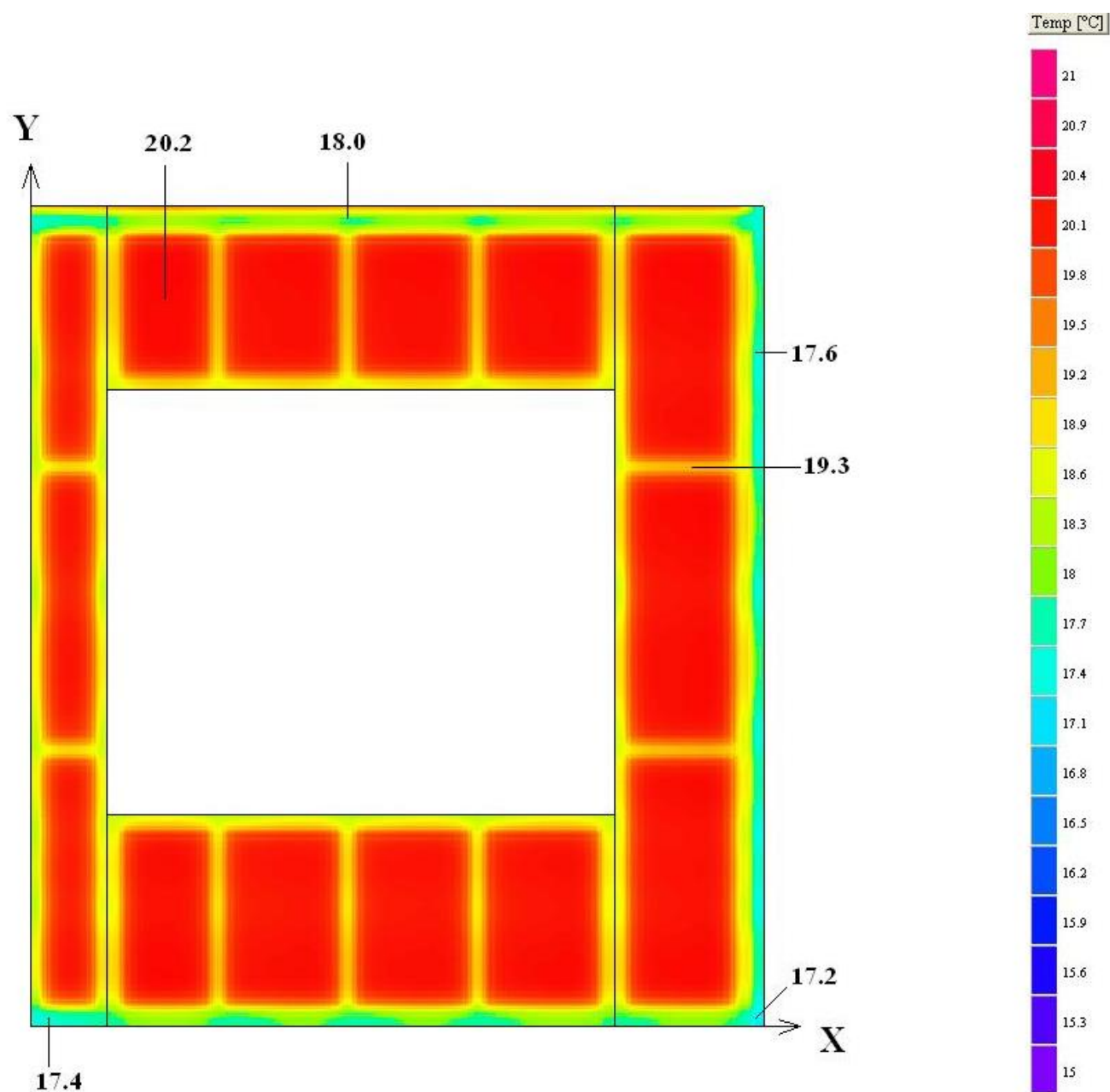


Рис.20. Распределение температуры на внутренней поверхности панели СП-4.