

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор  
ЗАО «Теплоогнезащита»

канд. техн. наук

А.М. Крутов  
2011 г.



Типовые узлы противопожарных стен и перегородок,  
предназначенных для применения в качестве противопожарных  
преград в различных зданиях, в том числе в зданиях, возводимых  
на основе легких металлоконструкций, стеновых панелей,  
выпускаемых ОАО «Челябинский завод профилированного  
стального настила»

Пояснительная записка

39806216-010510-042-01

Зам. генерального директора по науке,  
доктор техн. наук, проф.

В.Л. Страхов

Главный инженер проекта

С.В. Заикин

ОАО «ЧЗПСН -  
ПРОФНАСТИЛ»  
АРХИВНЫЙ ЭКЗ.

Сергиев Посад-2011

## Содержание

|  | Стр. |
|--|------|
| Введение.....  | 3    |
| 1. Технические требования, предъявляемые к противопожарным<br>стенам и перегородкам.....   | 5    |
| 2. Исходные технические решения по типовым узлам<br>противопожарных стен и перегородок.....                                      | 9    |
| 3 Описание конструкции и определение показателей пожарной<br>опасности ограждающей части противопожарных стен и перегородок..... | 16   |
| 3.1 Описание конструкции и входящих в нее исходных материалов...   | 16   |
| 3.2 Обеспечение требуемых пределов огнестойкости.....  | 18   |
| 4 Обеспечение требуемых пределов огнестойкости стальных<br>несущих конструкций в составе противопожарных стен и перегородок..... | 26   |
| 4.1. Постановка и решение краевой задачи нестационарной<br>теплопроводности.....   | 26   |
| 4.2. Исходные данные, необходимые для проведения расчетов.....   | 30   |
| 4.3. Результаты расчетов.....  | 35   |
| 5 Выбор и обоснование технических параметров элементов крепления<br>огнезащиты к защищаемому объекту.....                        | 53   |
| 6 Описание конструктивного исполнения разработанных типовых<br>узлов противопожарной стены.....                                  | 68   |
| Заключение.....  | 73   |
| Литература.....  | 75   |
| Приложение.....  | 79   |

## Введение

Работа проводилась ЗАО «Теплоогнезащита» по договору № 01/05/10 от 05.05.2010 г. с ОАО «ЧЗПСН-ПРОФНАСТИЛ».

Целью работы являлась разработка типовых узлов противопожарных стен и перегородок, предназначенных для применения в качестве противопожарных преград в различных зданиях, в том числе в зданиях, возводимых на основе легких металлоконструкций, стеновых и кровельных панелей, выпускаемых ОАО «Челябинский завод профилированного стального настила».

Проектирование конструкций осуществлялось в соответствии с требованиями по огнестойкости и пожарной опасности, изложенными в Федеральном законе №123-ФЗ «Технический регламент о пожарной безопасности» и действующими нормативными документами по пожарной безопасности.

Ограждающая часть противопожарных стен и перегородок изготавливается из стеновых или кровельных панелей, выпускаемых ОАО «Челябинский завод профилированного стального настила», огнестойкость которых по критериям потери целостности и теплоизолирующей способности подтверждена результатами огневыми испытаниями и соответствующим сертификатом пожарной безопасности.

В основу конструкций типовых узлов противопожарных стен и перегородок положены технические решения по исполнению несущих стальных конструкций и способам крепления к ним панелей ограждающей части, разработанные ОАО «Институт «Челябинский Промстройпроект».

Требуемые пределы огнестойкости несущих стальных конструкций по критерию потери несущей способности обеспечиваются конструктивной огнезащитой, разработанной с максимальным использованием материалов и комплектующих, используемых в технологических процессах производства сэндвич-панелей, или выпускаемых ОАО «Челябинский завод

профилированного стального настила». Толщина огнезащиты определяется расчетом с применением математической модели, основанной на решении краевой задачи нестационарной теплопроводности для расчетных схем, соответствующих сечениям типовых узлов в конструкциях противопожарных стен и перегородок.

При проведении расчетов математическая модель настраивалась на результаты огневых испытаний фрагментна ограждающей части, изготовленного из сэндвич-панелей, с ОАО «ЧЗПСН-ПРОФНАСТИЛ» и включающегостыки. Настройка математической модели осуществлялась путем уточнения теплофизических характеристик термостойких теплоизолирующих материалов в составе огнезащиты.

При разработке способов крепления и отделки конструктивной огнезащиты в составе типовых узлов противопожарных стен и перегородок использовался практический опыт, накопленный специалистами ЗАО «Теплоогнезащита» при проектировании аналогичных конструкций.

## 1 Технические требования, предъявляемые к противопожарным стенам и перегородкам

К стенам и перегородкам, выполняющим функции противопожарных преград в пределах зданий, строений, сооружений и пожарных отсеков, Федеральным законом №123-ФЗ и СП 2.13130.2009 [1, 2] установлены следующие требования по огнестойкости и пожарной опасности.

Противопожарные стены и перегородки должны относиться к классу конструктивной пожарной опасности К0. Однако, допускается в специально оговоренных случаях противопожарных преград 2-го типа применять класс конструктивной пожарной опасности К1.

Класс конструктивной пожарной опасности строительных конструкций определяется в соответствии с таблицей 1.1.

Таблица 1.1 – Определение класса пожарной опасности строительных конструкций.

| Класс пожарной опасности конструкции | Допускаемый размер повреждения конструкции (вертикальной) | Наличие теплового эффекта | Наличие горения | Группа горючести | Группа воспламеняемости | Группа дымообразующей способности |
|--------------------------------------|---|---------------------------|-----------------|------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| K0                                   | 0   | 0                         | отсутствует     | отсутствует      | отсутствует             | отсутствует                       |
| K1                                   | не более 40   | не регламентируется       | отсутствует     | не выше Г2*      | не выше В2*             | не выше Д2*                       |

\* - при отсутствии теплового эффекта не регламентируется.

Группы горючести, дымообразующей способности и воспламеняемости определяются стандартными испытаниями [3, 4, 5].

Стены и перегородки, выполняющие функции противопожарных препрятствий должны иметь предел огнестойкости, значение которого установлено нормативными документами по пожарной безопасности.

Предел огнестойкости характеризует способность противопожарной преграды в течение заданного времени сохранять неизменность геометрической формы, целостность и теплоизолирующую способности под воздействием пламени при пожаре.

Установлены следующие требования к предельным состояниям несущих и ограждающих строительных конструкций, выполняющих функции противопожарных препрятствий, наступление которых устанавливает предел огнестойкости [1, 6]:

- потере собственной несущей способности (**R**) вследствие обрушения конструкции или возникновения предельных деформаций;
- потере целостности (**E**), выражющейся в образовании в конструкции сквозных трещин или отверстий, через которые на необогреваемую поверхность проникают продукты горения или пламя;
- потере теплоизолирующей способности (**I**), выражющейся в повышении температуры на необогреваемой поверхности конструкции в среднем более чем на  $140^{\circ}\text{C}$  или в любой точке этой поверхности более чем на  $180^{\circ}\text{C}$  в сравнении с температурой конструкции до испытания или более  $220^{\circ}\text{C}$  независимо от температуры конструкции до испытания.

Признаком потери несущей способности стальными или железобетонными конструкциями является достижение их металлом критической температуры, значение которой определяется статическим расчетом или принимается равным  $500^{\circ}\text{C}$ .

В условиях пожара в зданиях противопожарная преграда подвергается огневому воздействию по одной из поверхностей. Согласно действующим в России нормативным документам по пожарной безопасности при проектировании

вании зданий и сооружений установлен стандартный температурный режим, который характеризуется следующей эмпирической формулой [1, 7]:

$$T_f = T_0 + 345 \lg (8 t + 1), \quad (1.1)$$

где  $T_f$  – температура пламени, °С,  $t$  – время, мин.

Федеральным законом №123-ФЗ [1] установлены пределы огнестойкости противопожарных стен и перегородок, приведенные в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Пределы огнестойкости противопожарных стен и перегородок.

| Наименование противопожарных преград | Тип противопожарных преград | Предел огнестойкости |
|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| Стены                                | 1                           | REI150               |
|                                      | 2                           | REI45                |
| Перегородки                          | 1                           | EI45                 |
|                                      | 2                           | EI15                 |

Огнестойкость противопожарных стен и перегородок определяется огнестойкостью ее элементов:

- ограждающей части;
- конструкций, обеспечивающих устойчивость преграды;
- конструкций, на которые она опирается;
- узлов крепления и сочленения конструкций между собой.

При проектировании противопожарных стен и перегородок их габаритные размеры устанавливаются с учетом следующих требований [2].

Противопожарные стены, разделяющие здание на пожарные отсеки, должны возводиться на всю высоту здания или до противопожарных перекрытий 1-го типа и обеспечивать нераспространение пожара в смежный по горизонтали пожарный отсек при обрушении конструкций здания со стороны очага пожара.

Противопожарные стены должны опираться на фундаменты или фундаментные балки и, как правило, пересекать все конструкции и этажи.

Противопожарные стены допускается устанавливать непосредственно на конструкции каркаса здания или сооружения, выполненные из материалов группы НГ и отвечающие следующим требованиям:

- пределы огнестойкости конструкций, обеспечивающих устойчивость преграды, конструкций, на которые она опирается, и узлов крепления между ними по признаку R должны быть не менее требуемого предела огнестойкости ограждающей части противопожарной преграды;
- огнестойкость узла крепления строительной конструкции должна быть не ниже требуемой огнестойкости самой конструкции.

Противопожарные стены должны возвышаться над кровлей не менее, чем на 60 см, если хотя бы один из элементов чердачного или бесчердачного покрытия, за исключением кровли, выполнен из материалов групп Г3, Г4; не менее чем на 30 см, если хотя бы один из элементов чердачного или бесчердачного покрытия, за исключением кровли, выполнен из материалов групп Г1, Г2.

Противопожарные стены могут не возвышаться над кровлей, если все элементы чердачного или бесчердачного покрытия, за исключением кровли, выполнены из материалов группы НГ

Противопожарные стены в зданиях с наружными стенами классов пожарной опасности К1, К2 и К3 должны пересекать эти стены и выступать за наружную плоскость стены не менее, чем на 30 см.

При устройстве наружных стен из материалов группы НГ с ленточным остеклением противопожарные стены должны разделять остекление. При этом допускается, чтобы противопожарная стена не выступала за наружную плоскость стены.

Противопожарные перегородки в помещениях с подвесными потолками должны разделять пространство над ними [1].

## 2 Исходные технические решения по типовым узлам противопожарных стен и перегородок

ОАО Институт «ЧПСП» по заданию ОАО «ЧЗПСН-ПРОФНАСТИЛ» разработал предварительные технические решения по типовым узлам противопожарных стен и перегородок. Данные технические решения распространяются на конструкции, ограждающая часть которых изготавливается из сэндвич-панелей. Крепление сэндвич-панелей осуществляется к стальным несущим конструкциям – стойкам и ригелям, изготовленным из профилей, номенклатура которых приведена в таблице 2.1. Профили изготавливаются из стали марок С 245 и С 235 по ГОСТ 27772-88.

Таблица 2.1 - Номенклатура стальных профилей, применяемых в качестве стоек и ригелей

| Профиль  | Состав                                      | ГОСТ, ТУ                           |
|--|---|------------------------------------|
| Двутавры   | 20Ш1, 25Ш1, 30Ш1                            | СТО АСЧМ 20-93                     |
| Гнутые замкнутые профили                                       | 80x3,80x4, 120x4,<br>140x5, 160x5           | ГОСТ 30245-2003                    |
| Гнутые равнополочные швеллеры                                  | 160x80x4, 160x80x5                          | ГОСТ 8278-83                       |
| Швеллеры стальные гнутые тонкостенные равнополочные            | 160x55x2, 160x55x3,<br>160x55x4             | ТУ 112000-001-12586100-2009 с изм1 |
| Профили стальные гнутые тонкостенные образные равнополочные С- | 160x60x18x2,<br>160x60x18x3,<br>160x60x18x4 | ТУ 112000-001-12586100-2009 с изм1 |

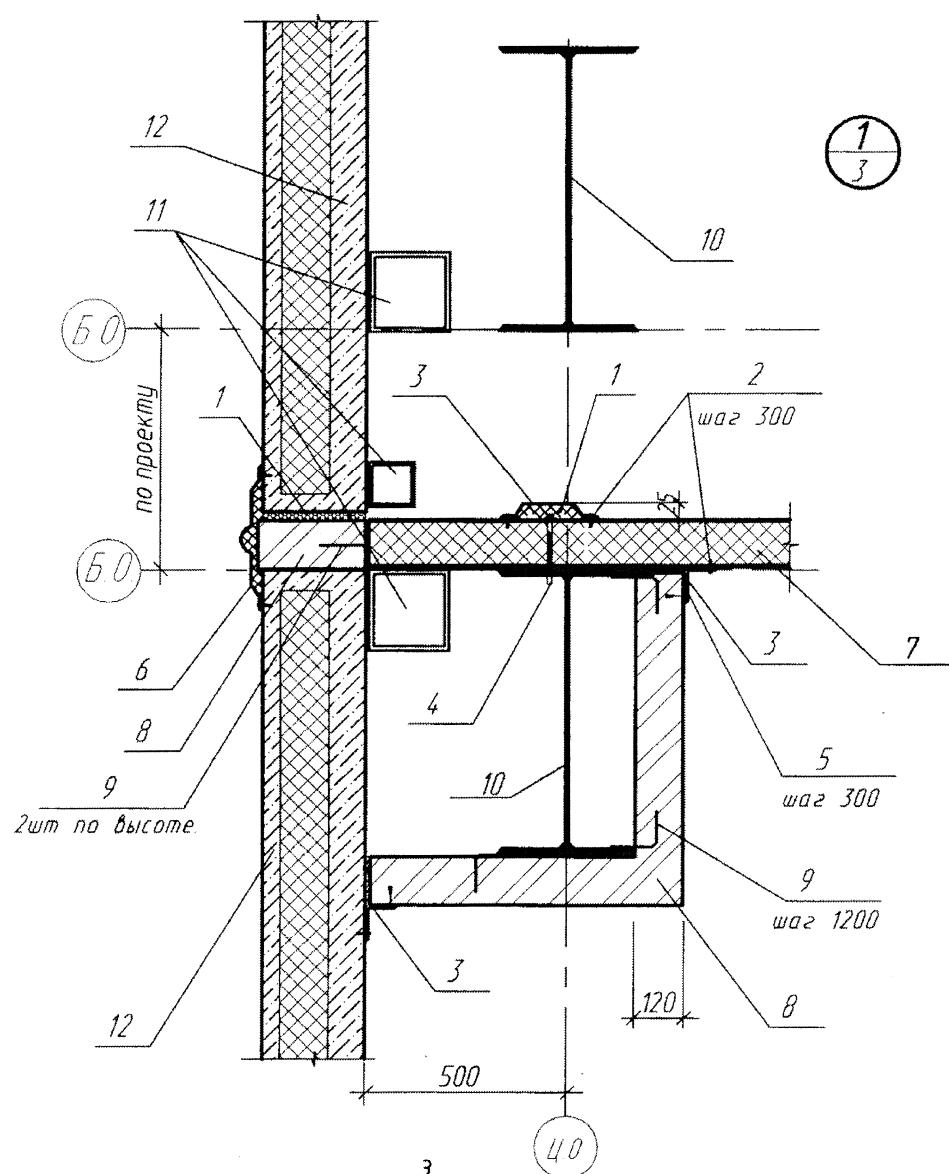
Помимо стальных стоек могут также применяться железобетонные стойки.

При пожаре в части здания расположенной со стороны ограждающей части стены ее заданный предел огнестойкости полностью обеспечивается необходимой толщиной сэндвич-панелей. При пожаре с противоположной стороны стены ее огнестойкость по критериям потери целостности и теплоизолирующей способности также обеспечивается ограждающей частью, а по критерию потери несущей способностью – огнезащитой стальных конструкций. Предполагается огнезащиту стальных конструкций осуществлять кирпичной кладкой.

Предложенные институтом «ЧПСП» типовые узлы противопожарных стен и перегородок показаны на рисунках 2.1 – 2.5.

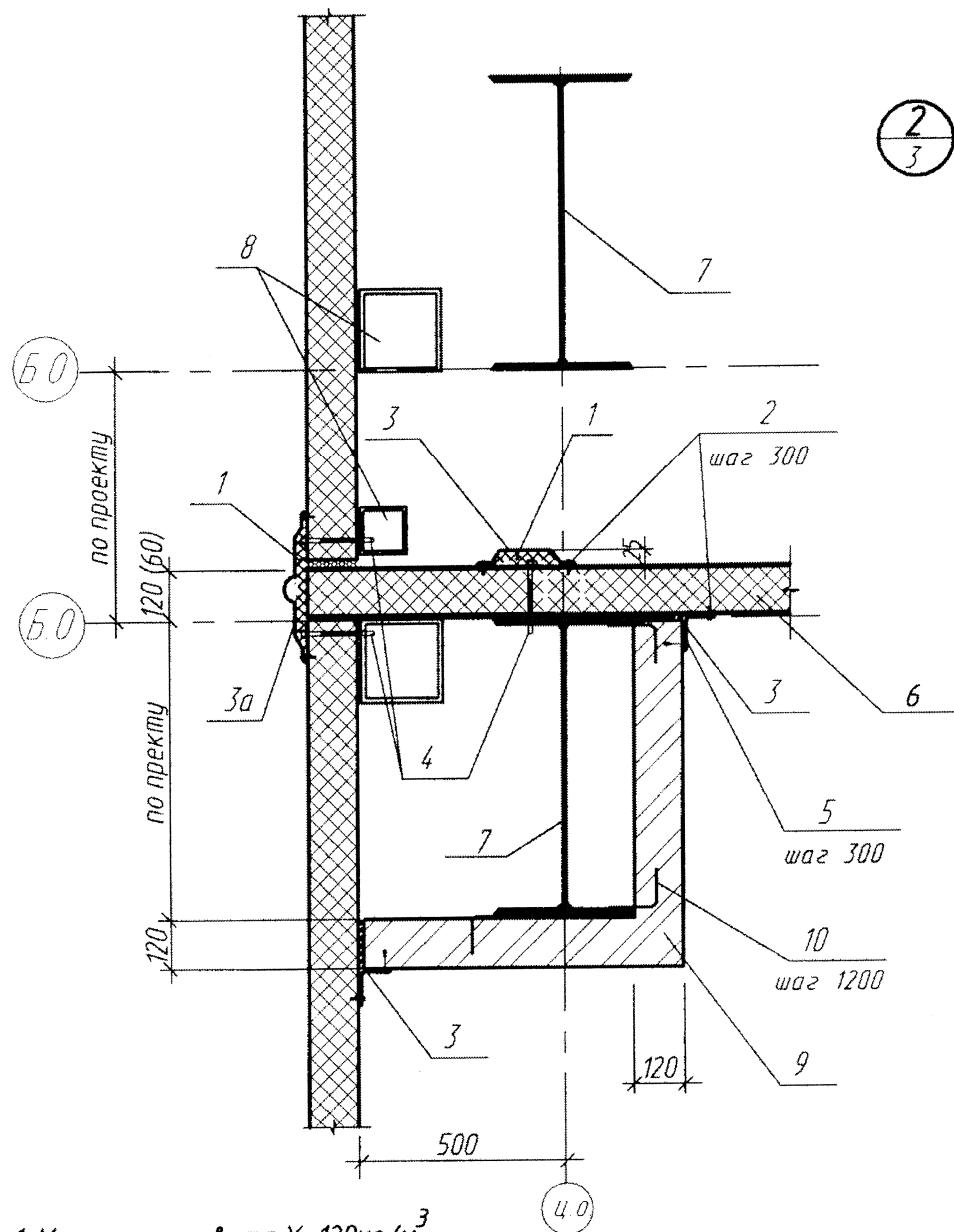
Анализ предварительных технических решений по конструктивному исполнению типовых узлов противопожарных стен и перегородок показал целесообразность замены кирпичной кладки на конструктивную огнезащиту на основе минераловатных плит или терморасширяющегося покрытия. Данные технические решения позволяют снизить вес конструкции стены и трудозатраты на устройство огнезащиты стальных конструкций.

Требуемая толщина огнезащиты стальных конструкций может быть определена расчетом по известным их теплофизическим характеристикам и результатам огневых испытаний огнезащиты соответствующего типа.



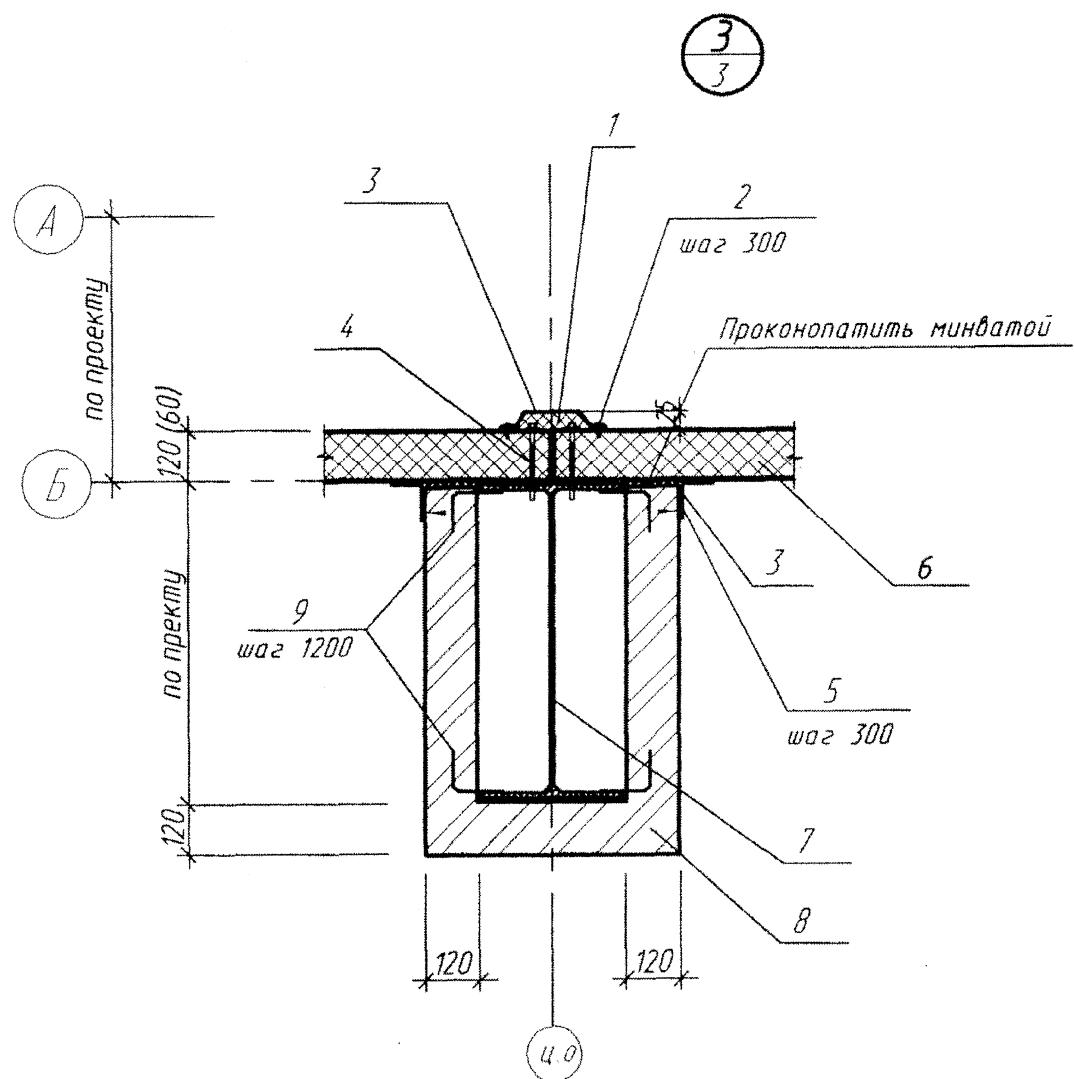
1. Минеральная вата  $\gamma=120\text{кг}/\text{м}^3$
2. Винт самонарезающий 4,2x13
3. Фасонный элемент оцинкованный
4. Винт самонарезающий 5,5x160 (5,5x80) типа «MAGE TOPEX»
5. Дюбель
6. Фасонный элемент с компенсатором
7. Противопожарная стена I типа (II типа), стеновая панель ПСТМ 120 (ПСТМ60)
8. Кирпичная кладка (крепить анерами к колонне)
- из кирпича КОРПо (КОЛПо) 1НФ/100/2,0//50/ ГОСТ 530-2007
9. Анкер ( $\phi 8A$ -III, ГОСТ 5781-82, L=150)
10. Стальная колонна
11. Стальной фахверк
12. Цоколь (ж.-б. панель)

Рисунок 2.1 – Узел примыкания противопожарной стены к наружной железобетонной стене.



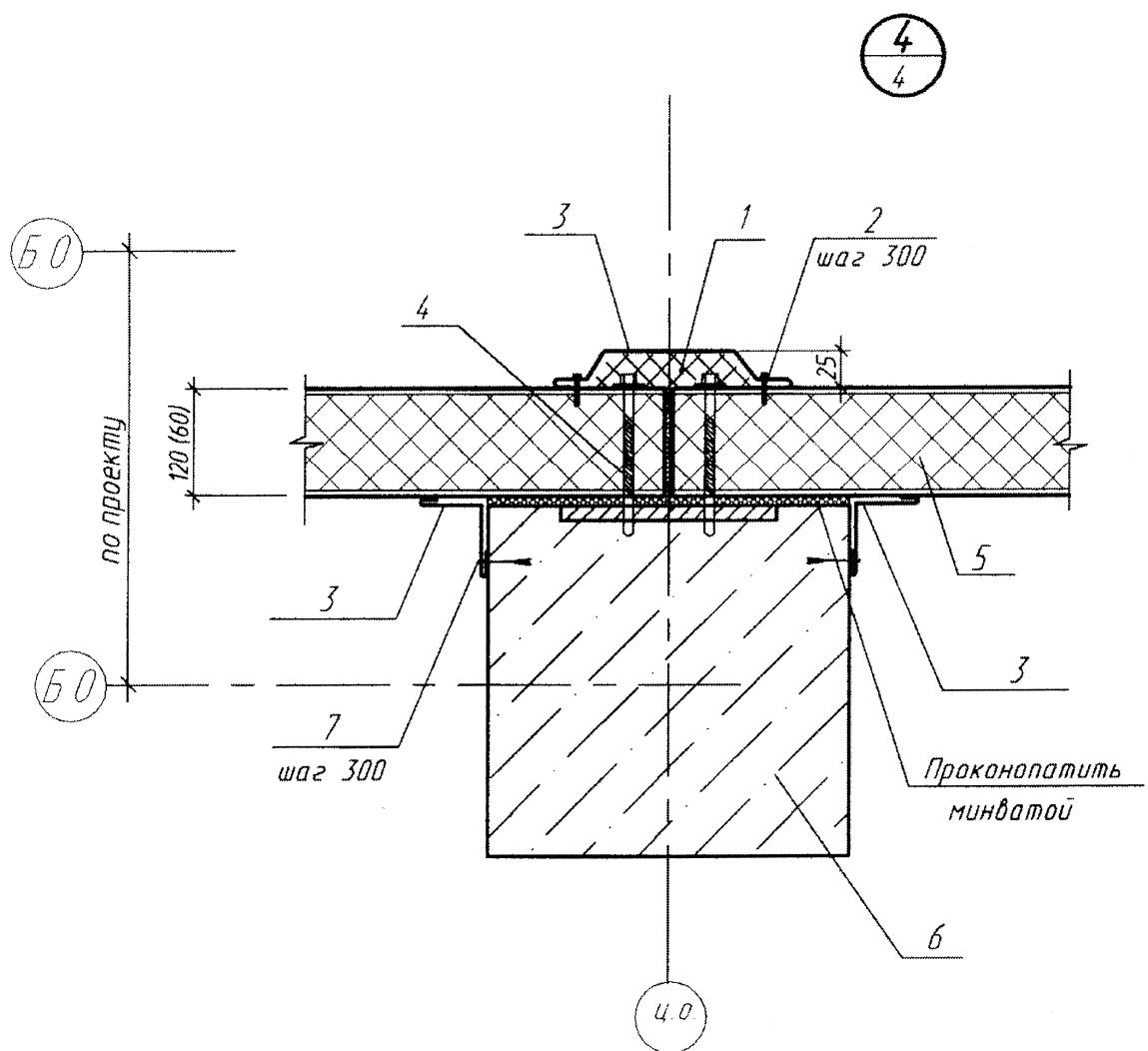
1. Минеральная вата  $\gamma=120 \text{ кг/м}^3$
2. Винт самонарезающий 4,2x13
3. Фасонный элемент оцинкованный
- 3а. Фасонный элемент оцинкованный с компенсатором.
4. Винт самонарезающий 5,5x160 (5,5x80) типа «MAGE TOPEX»
5. Дюбель
6. Противопожарная стена I типа (II типа), стеновая панель ПСТМ 120 (ПСТМ 60)
7. Стальная колонна
8. Стальной фахверк
9. Кирпичная кладка (крепить анкерами к колонне)  
из кирпича КОРПо (КОЛПо) 1НФ/100/2,0//50/ ГОСТ 530-2007
10. Анкер ( $\varnothing 8\text{A-III}$ , ГОСТ 5781-82,  $L=150$ )

Рисунок 2.2 – Узел примыкания противопожарной стены к наружной  
стене из сэндвич-панелей.



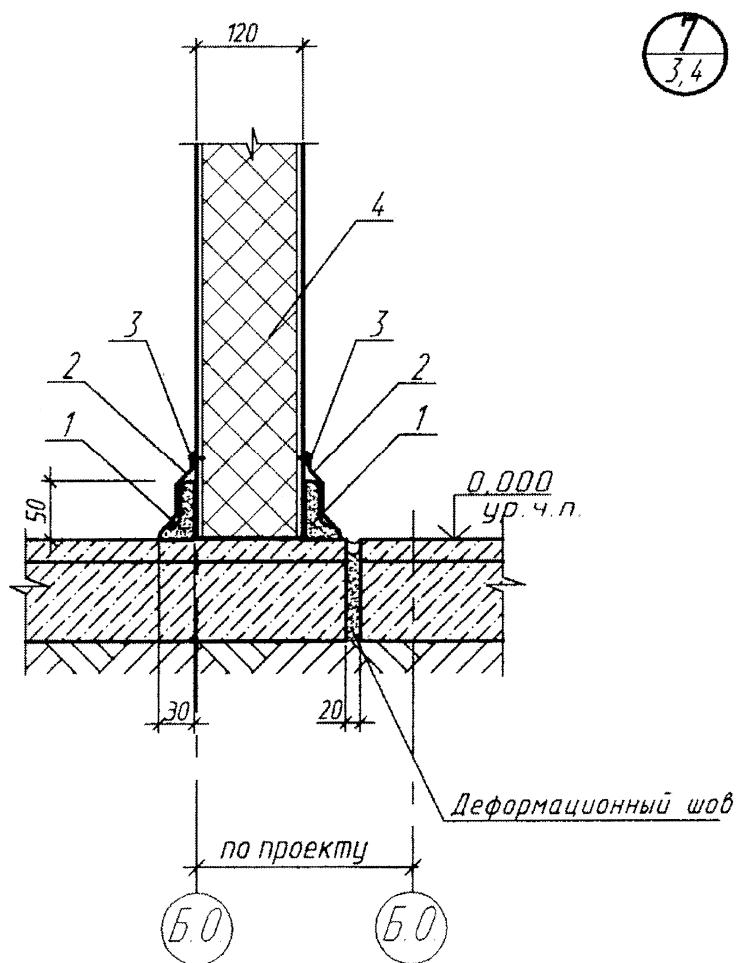
1. Минеральная вата  $\gamma=120 \text{ кг/м}^3$
2. Винт самонарезающий 4,2x13
3. Фасонный элемент оцинкованный
4. Винт самонарезающий 5,5x160 типа «MAGE TOREX»
5. Дюбель
6. Противопожарная стена I типа (II типа), стеновая панель ПСТМ 120 (ПСТМ 60)
7. Стальная колонна
8. Кирпичная кладка (крепить анкерами к колонне)  
из кирпича КОРПо (КОЛПо) 1НФ/100/2,0//50/ ГОСТ 530-2007
9. Анкер ( $\phi 8A-III$ , ГОСТ 5781-82,  $L=150$ )

Рисунок 2.3 – Узел стальных стоек противопожарной стены вне зон  
примыкания к смежным стенам.



1. Минеральная вата  $\gamma=120 \text{ кг/м}^3$
2. Винт самонарезающий 4,2x13
3. Фасонный элемент оцинкованный
4. Винт самонарезающий 5,5x160 типа «МАБЕ ТОРЕХ»
5. Противопожарная стена I типа (II типа), стеновая панель ПСТМ 120(ПСТМ 60)
6. Ж./б. колонна с закладной пластиной
7. Дюбель

Рисунок 2.4 – Узел железобетонных стоек противопожарной стены вне зон примыкания к смежным стенам.



1. Плинтус из цем.-песч. р-ра М150
2. Фасонный элемент
3. Винт самонарезающий 4,8x20
4. Противопожарная стена I типа (II типа), стеновая панель ПСТМ 120

Рисунок 2.5 – Узел примыкания противопожарной стены к фундаменту.

### **3 Описание конструкции и определение показателей пожарной опасности ограждающей части противопожарных стен и перегородок**

Ограждающая часть противопожарных стен и перегородок изготавливается на основе трёхслойных теплоизолирующих стеновых сэндвич-панелей, выпускаемых на ОАО «ЧЗПСН-ПРОФНАСТИЛ» под маркой ПСТМ, согласно ТУ 5284-183-01217836-2005.

Нормируемыми показателями пожарной опасности рассматриваемой конструкции являются класс конструктивной пожарной опасности и предел огнестойкости.

Требуемый класс конструктивной пожарной опасности устанавливается по показателям пожарной опасности исходных материалов.

Требуемые пределы огнестойкости ограждающей части стены подтверждаются огневыми испытаниями образца, изготовленного в виде характерного фрагмента конструкции.

#### **3.1 Описание конструкции и входящих в нее исходных материалов**

Сэндвич-панели ПСТМ представляют собой трехслойную конструкцию, состоящую из стальных обкладок и теплоизолирующего слоя, выполненного из минераловатных плит на основе базальтового волокна и синтетического связующего с гидрофобизирующими добавками.

Для металлических обкладок панелей используется холоднокатаная оцинкованная тонколистовая сталь толщиной 0,5; 0,55; 0,6; 0,7 мм по ГОСТ 14918-80 с защитно-декоративным лакокрасочным покрытием по ТУ 67-443-86, ГОСТ 30246, СТП ММК 376-2003. Применяются лакокрасочные материалы производства AKZO NOBEL и TIKKURILA.

В соответствии с ТУ 5284-183-01217836-2005 средний (теплоизолирующий) слой выполнен из минераловатных плит с плотностью 110 – 135 кг/м<sup>3</sup>. Минераловатные плиты при изготовлении панелей нарезаются на по-

лосы (ламели) шириной, равной толщине панели, и располагаются в процессе сборки панели, таким образом, что волокна плиты приобретают преимущественно перпендикулярное направление по отношению к плоскостям обшивок. Это придает изготавливаемым сэндвич-панелям дополнительную жесткость.

Теплопроводность минераловатной плиты, применяемой в качестве теплоизолирующего слоя в панели при температуре 25°C (298±5)K имеет значение не более 0,044 Вт/(м · К).

Остальные характеристики минераловатной плиты указаны в ТУ 5284-183-01217836-2005.

Описываемые минераловатные плиты имеют категорию горючести НГ

Для приклеивания минераловатных плит к стальным обшивкам используется полиуретановый клей фирмы «Dow Chemikal» марки VORACOR CM 731 Pol/VORANATE.

Сэндвич-панели ПСТМ выпускаются толщиной 60 - 150 мм. Соответствующий ТУ 5284-183-01217836-2005 типоразмерный ряд панелей приведен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Габариты и масса стеновых панелей марки ПСТМ

| Толщина панели, мм | Ширина панели, мм | Длина панели, мм | Толщина облицовок, мм | Масса 1 м <sup>2</sup> , кг |
|--------------------|-------------------|------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 60                 | 1000              | 2000...13000     | 0,5                   | 16,4                        |
|                    |                   |                  | 0,55                  | 17,3                        |
|                    |                   |                  | 0,6                   | 18,2                        |
| 150                |                   |                  | 0,5                   | 26,8                        |
|                    |                   |                  | 0,55                  | 27,7                        |
|                    |                   |                  | 0,6                   | 28,5                        |

Стеновые панели могут применяться в качестве вертикальных и наклонных ограждающих строительных конструкций при строительстве производственных, складских, сельскохозяйственных зданий и сооружений, общественных и торговых зданий, холодильников, малоэтажных домов сельского и коттеджного типов. В конструкциях может применяться вертикальная и горизонтальная раскладки панелей.

Места стыков панелей прикрываются нащельниками из токолистовой стали. Пространство ограниченное с одной стороны поверхностью нащельника, а с другой стороны - поверхностью панелей, заполняется муллитокремнеземным материалом МКРР-130 (изготовитель ОАО «Уктус»).

В соответствии с Техническими условиями муллитокремнеземный материал МКРР-130 имеет следующие характеристики:

- плотность  $130 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;
- теплопроводность  $\lambda = 0,039 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$  при  $T = 25^\circ\text{C}$ ,
$$\lambda = 0,127 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K}) \text{ при } T = 300^\circ\text{C},$$

$$\lambda = 0,147 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K}) \text{ при } T = 600^\circ\text{C};$$
- изменение массы при прокаливании не более 0,6 %.

Данный материал относится к огнеупорам и наиболее широко применяется в металлургии и энергетике. Его характерным свойством повышенная термостойкость по сравнению с минеральной или базальтовой ватой. Температура его длительной эксплуатации составляет  $1000^\circ\text{C}$ .

### **3.2 Обеспечение требуемых пределов огнестойкости**

Требуемый предел огнестойкости ограждающей части противопожарной стены или перегородки обеспечивается необходимой толщиной сэндвич-панелей ПСТМ. Данная зависимость получена в результате проведения сертификационных огневых испытаний по ГОСТ 30247.0-94 [7] и приведена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Зависимость пределов огнестойкости ограждающей части противопожарных стен и перегородок от толщины панелей ПСТМ.

|                      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |
|----------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Толщина панели, мм   | 60   | 80   | 100  | 120   | 150   | 175   | 200   | 225   | 250   |
| Предел огнестойкости | EI60 | EI90 | EI90 | EI150 | EI180 | EI180 | EI180 | EI180 | EI180 |

Огневые сертификационные испытания были проведены в ГУ «Судебно-экспертное учреждение федеральной противопожарной службы «Испытательная лаборатория по Свердловской области», зарегистрированном в Государственном реестре в области пожарной безопасности (регистрационный индекс аттестата аккредитации ССПБ. RU. ИН. 123).

В качестве образцов для испытаний использованы типовые фрагменты ограждающей части стен и перегородок, изготовленные на основе панелей ПСТМ толщиной 60 - 150 мм следующим образом. Перед испытанием панели установили на металлические рамы размером 3500x3500 мм, выполненные из стальных профилей с внутренним размером сечения 120 мм, и закрепили посредством болтового соединения по всему периметру рамы с двух сторон с шагом 200 мм. Торцы панелей перед установкой в металлическую укрытии асбестовой тканью. В местах стыковых соединений установили нащельники с наполнением из муллитокремнеземного материала МКРР-130.

Крепление образцов к печи осуществлялось с помощью специальных замков.

Для измерения температуры в контрольных точках образцов применялась система, состоящая из следующих основных элементов:

- термоэлектрических преобразователей ТХА;
- термоэлектрических преобразователей КТХА;

- регистрирующего устройства для измерения температуры «Microlab».

Сущность метода испытаний заключалась в определении времени от начала теплового воздействия на конструкцию, в соответствии с зависимостью (1.1), до наступления одного или последовательно нескольких предельных состояний по огнестойкости, описанных в главе 1.

Расположение контрольных точек на образце показано на схеме, приведенной на рисунке 3.1.

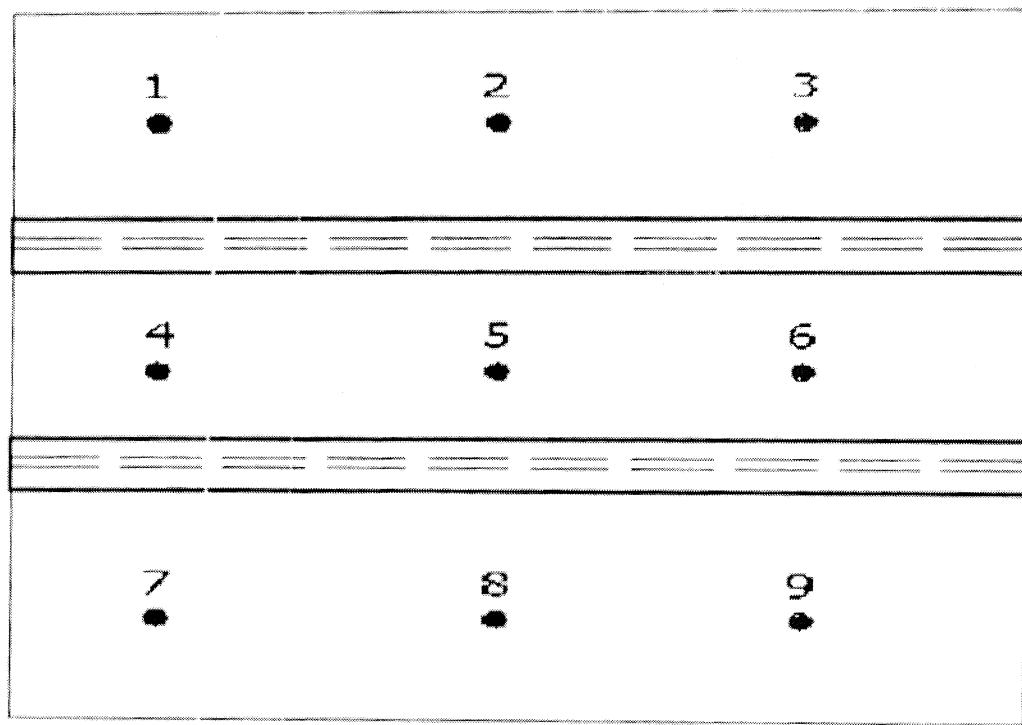


Рисунок 3.1 – Схема расположения контрольных точек на необогреваемой стороне образца, в которых производится измерение температур на образце.

В процессе испытаний на образцах толщиной 60 мм отмечены следующие изменения:

#### Образец №1

5 мин. – из стыковых соединений выделяются дымообразные продукты горения;

65 мин. – средняя температура по девяти ТЭП достигает значения 156  $^{\circ}\text{C}$ , что превышает температуру конструкции до испытаний на 140  $^{\circ}\text{C}$ .

### Образец №2

7 мин. – из стыковых соединений выделяются дымообразные продукты горения;

61 мин. – средняя температура по девяти ТЭП достигает значения 156  $^{\circ}\text{C}$ , что превышает температуру конструкции до испытаний на 140  $^{\circ}\text{C}$ .

Результаты измерения температур в контрольных точках представлены на рисунках 3.2 – 3.3.

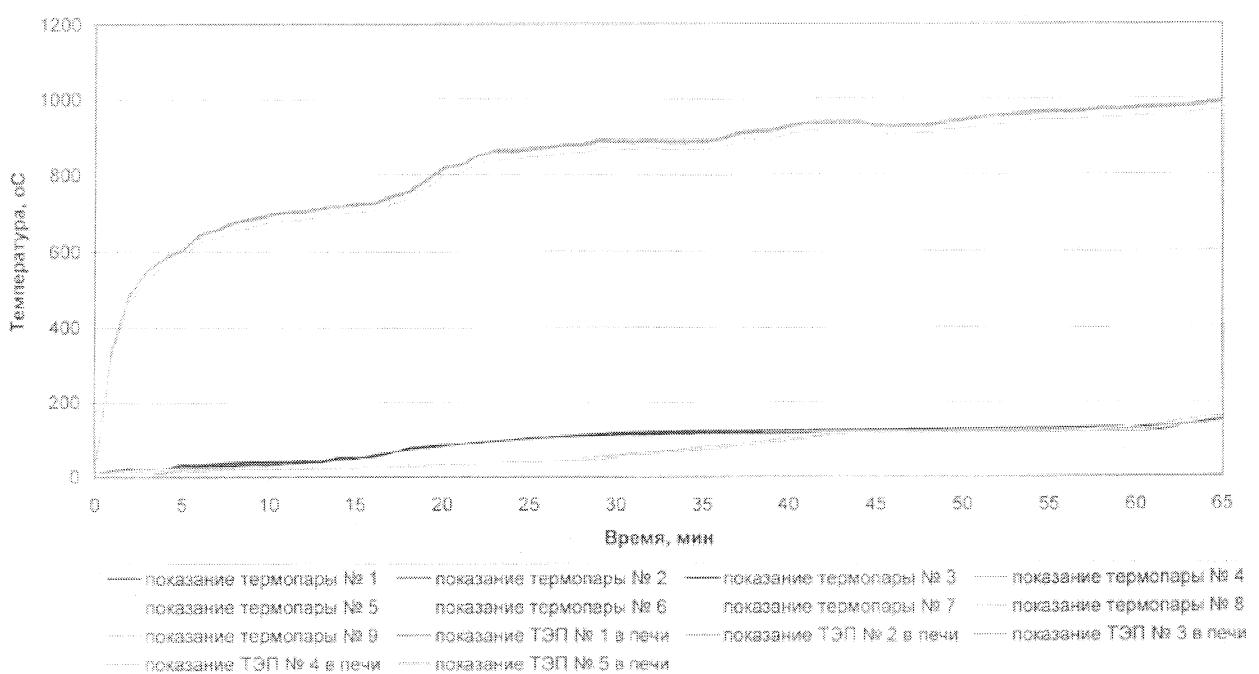


Рисунок 3.2 – Результаты изменения температуры при испытаниях образца №1 из сэндвич-панелей толщиной 60 мм.

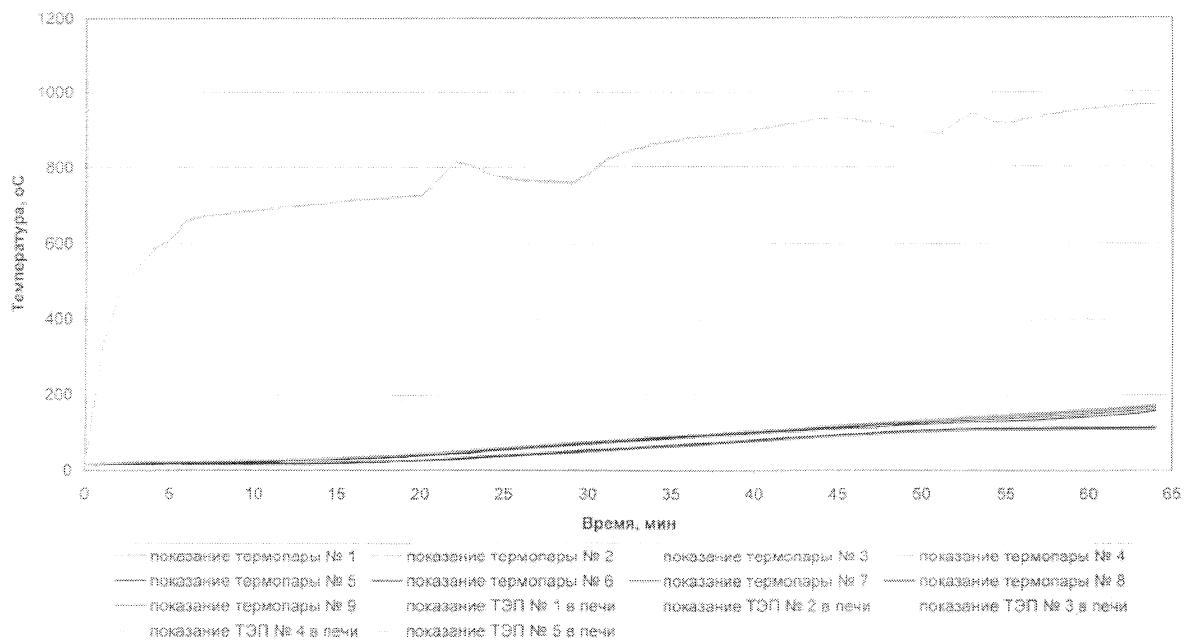


Рисунок 3.3 – Результаты изменения температуры при испытаниях образца №2 из сэндвич-панелей толщиной 60 мм.

В процессе испытаний на образцах толщиной 60 мм отмечены следующие изменения:

#### Образец №1

7 мин. – из стыковых соединений выделяются дымообразные продукты горения;

181 мин. – средняя температура по девяти точкам достигает значения  $160^{\circ}\text{C}$ , что превышает температуру конструкции до испытания на  $141^{\circ}\text{C}$ , испытание прекращено.

#### Образец №2

8 мин. – из стыковых соединений выделяются дымообразные продукты горения;

184 мин. – температура в контрольной точке №1 достигает значения 199 °C, что превышает температуру конструкции до испытания на 180 °C, испытание прекращено.

Результаты измерения температур в контрольных точках представлены на рисунках 3.4 – 3.5.

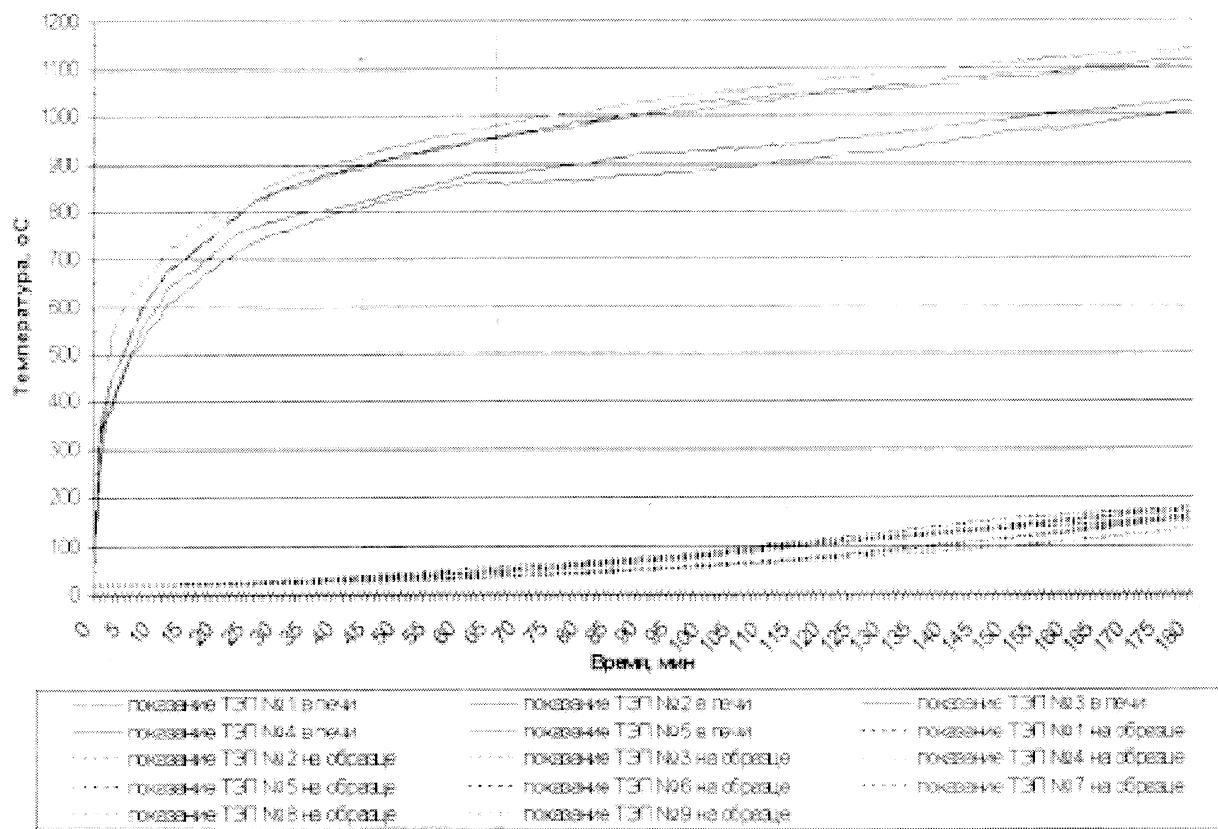


Рисунок 3.4 – Результаты изменения температуры при испытаниях образца №2 из сэндвич-панелей толщиной 150 мм.

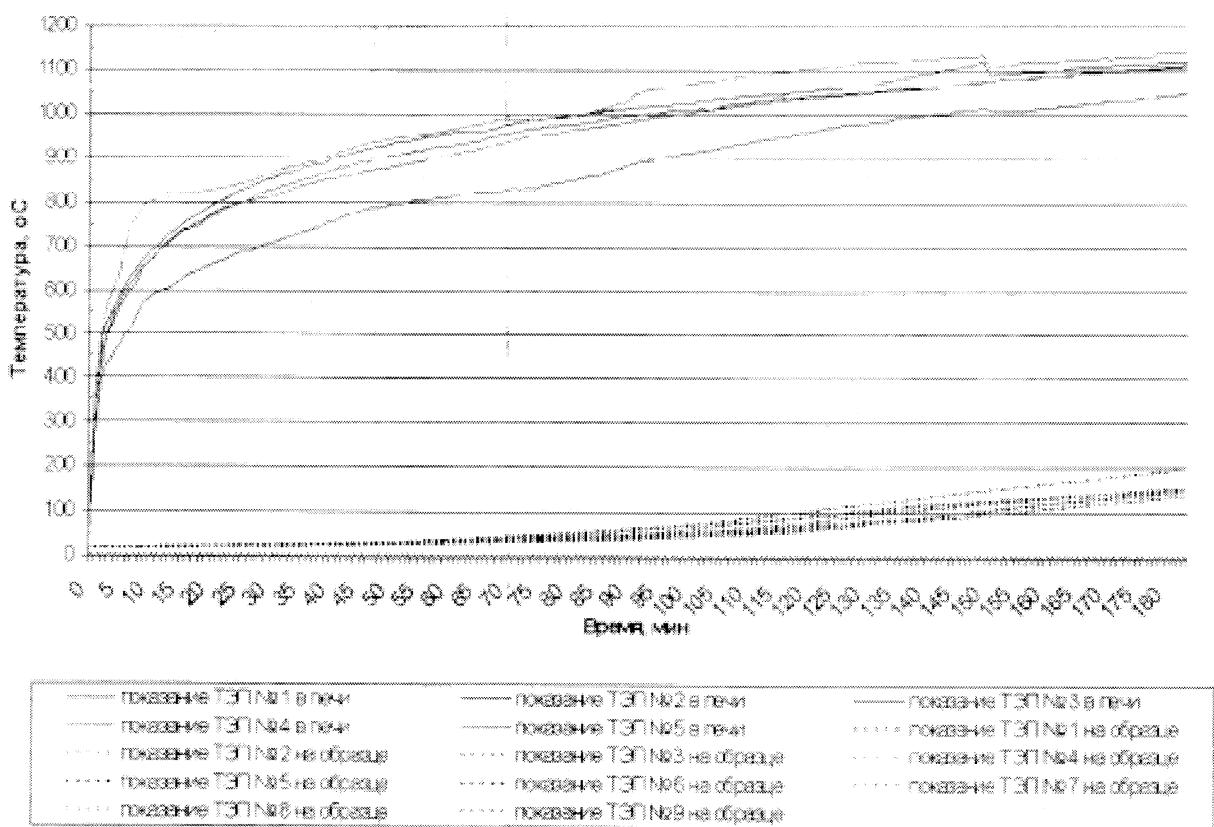


Рисунок 3.5 – Результаты изменения температуры при испытаниях образца №2 из сэндвич-панелей толщиной 150 мм.

По результатам огневых испытаний получен сертификат пожарной безопасности, приведенный в приложении.

Анализ результатов испытаний позволяет сделать следующие выводы.

Сэндвич-панели ПСТМ толщиной 60 – 150 мм сохраняют целостность и теплоизолирующую способность в течение указанного в таблице 3.2 времени.

Стыки сэндвич-панелей ПСТМ, оформленные по принципу шип-паз и прикрытые стальными нащельниками с заполнением пространства, ограниченного ими и поверхностью панелей муллитокремнеземным материалом МКПР-130, сохраняют целостность в течение 150 минут.

Результаты измерения температур отличаются удовлетворительной стабильностью и повторяемостью и могут быть использованы для уточнения

теплофизических характеристик материала теплоизолирующего слоя панелей, используемых в расчетах толщин огнезащиты стальных конструкций.

В конструкции ограждающей части противопожарных стен и перегородок следует сохранять конструктивное исполнение стыков панелей, применявшееся в образцах для испытаний на огнестойкость.

## **4 Обеспечение требуемых пределов огнестойкости стальных несущих конструкций в составе противопожарных стен и перегородок**

Огнестойкость стальных несущих конструкций по критерию потери несущей способности обеспечивается ограждающей частью с одной стороны, отгораживающей эти конструкции от помещения пожара. При пожаре в помещении, в котором расположены стальные несущие конструкции, их огнестойкость обеспечивается огнезащитой.

Задача обеспечения требуемого предела огнестойкости заключается в определении необходимой толщины теплоизолирующего слоя огнезащиты, изготавливаемого из материалов с известными теплофизическими характеристиками. При этом возможны два способа ее определения.

Первый способ заключается в огневых испытаниях стальной конструкции с огнезащитой по ГОСТ 30247.0-94 [7]. Другой - основан на теплотехнических расчетах типовых узлов противопожарных стен и перегородок путем решения краевой задачи нестационарной теплопроводности для соответствующих им расчетных схем.

### **4.1 Постановка и решение краевой задачи нестационарной теплопроводности**

Расчет нестационарного температурного поля в сечении рассматриваемой конструкции с огнезащитой проводится путем численного решения дифференциальных уравнений нестационарной теплопроводности, позволяющих учитывать:

- наличие высокотеплопроводных элементов, ориентированных в поперечном направлении – тепловых мостов (элементов проемов, кабельных проходок, трубопроводов, узлов крепления и т.п.);
- наличие полостей, заполненных газом;

- изменение теплофизических свойств материалов конструкции в зависимости от температуры.

- соотношение толщин слоев из различных материалов, входящих в состав огнезащиты.

Дифференциальные уравнения теплопроводности, записанные в системе координат  $0XY$ , ось  $0X$  которой совпадает с осью или плоскостью симметрии расчетной области, имеют вид:

а) для зон расчетной области, расположенных вне полостей, заполненных газом (воздухом)

$$C \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{x^n} \frac{\partial}{\partial x} \left( x^n \lambda_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda_y \frac{\partial T}{\partial y} \right), \quad (4.1)$$

б) для зон расчетной области, соответствующих поперечному сечению полостей, заполненных газом (воздухом)

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{x^n} \frac{\partial}{\partial x} \left( x^n \lambda_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda_y \frac{\partial T}{\partial y} \right). \quad (4.2)$$

Дифференциальные уравнения (4.1), (4.2) решаются при следующих краевых условиях:

- начальное условие:

$$T(x, y, 0) = T_0 = \text{const}, \quad (4.3)$$

- условия на обогреваемых поверхностях:

$$q_f = \lambda \left. \frac{\partial T}{\partial n} \right|_{\substack{x=x_w \\ y=y_w}}, \quad (4.4)$$

- условия на границах между материалами с различными теплофизическими характеристиками:

$$T \Big|_{\substack{x=x_b-0 \\ y=y_b-0}} = T \Big|_{\substack{x=x_b+0 \\ y=y_b+0}}; \quad (4.5)$$

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\substack{x=x_b-0 \\ y=y_b-0}} = \lambda \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\substack{x=x_b+0 \\ y=y_b+0}}, \quad (4.6)$$

- условия на поверхностях, ограждающих полости:

$$T \Big|_{\substack{x=x_b-0 \\ y=y_b-0}} = T \Big|_{\substack{x=x_b+0 \\ y=y_b+0}}; \quad (4.7)$$

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\substack{x=x_b-0 \\ y=y_b-0}} = \lambda \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\substack{x=x_b+0 \\ y=y_b+0}} + q_i, \quad (4.8)$$

- условия на необогреваемой поверхности:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \Big|_{\substack{x=x_c \\ y=y_c}} = q_e. \quad (4.9)$$

В формулах (4.1) – (4.9) приняты следующие обозначения:

$C$  – объемная теплоемкость материала, учитывающая тепловой эффект термического разложения;  $T$  – температура;  $t$  – время;  $x, y$  - координаты;  $\lambda_x, \lambda_y$  – суммарные теплопроводности материала, учитывающие перенос теплоты излучением;  $\rho$  - плотность;  $c_p$  - теплоемкость воздуха;  $\lambda_3$  – эквивалентная теплопроводность, учитывающая естественную конвекцию в полости;  $q_f$  – полный тепловой поток к обогреваемой поверхности;  $n$  – нормаль к поверхности;  $q_i$  – плотность результирующего потока излучения на  $i$  – той изотермической площадке поверхностей, ограждающих полость;  $x_w, y_w$  – координаты

границ обогреваемых поверхностей конструкции;  $x_b, y_b$  – координаты границ между слоями из материалов с различными теплофизическими характеристиками или границ полости;  $x_c, y_c$  – координаты границ необогреваемых поверхностей конструкции;  $q_e$  – полный тепловой поток, отводимый от необогреваемой поверхности.

В уравнении (4.1) показатель степени  $n$  равен 1 в случае осевой симметрии расчетной области и 0 – в случае плоской симметрии расчетной области.

Формулы для параметров, входящих в уравнения (4.1), (4.2) и граничные условия к ним, приведены в работе [8].

Для численного решения дифференциальных уравнений (4.1), (4.2) с краевыми условиями (4.3) – (4.9) использовался метод конечных разностей в варианте метода дробных шагов с использованием экономичных алгоритмов, описанных в работах [10, 11], на основе, изложенной в этих работах, общей теории устойчивости вычислительного процесса.

Разностные аналоги дифференциальных уравнений с соответствующими краевыми условиями решены методом прогонки, позволяющим производить уточнение нелинейных параметров, с использованием неявной четырехточечной схемы «зонт». На каждом шаге по времени использовался итерационный процесс.

Разностные аналоги исходных уравнений теплопроводности в каждом направлении по осям  $X$  и  $Y$  принимались в виде<sup>\*</sup>:

$$C_i \frac{T_i^{S+1} - T_i^S}{\Delta t} = \frac{2}{\Delta h_i + \Delta h_{i-1}} \left[ \lambda \left( \frac{T_{i+1}^S + T_i^S}{2} \right) \frac{T_{i+1}^{S+1} - T_i^{S+1}}{\Delta h_i} - \lambda \left( \frac{T_i^S + T_{i-1}^S}{2} \right) \frac{T_i^{S+1} - T_{i-1}^{S+1}}{\Delta h_{i-1}} \right]$$

$$C_i = f_1(T_i^S), \quad \lambda_i = f_2(T_i^S), \quad (4.10)$$

---

<sup>\*</sup> Разностное уравнение записано для случая прямоугольной системы координат. Его вид для цилиндрической системы координат аналогичен.

где  $\Delta t$  – шаг по времени;  $\Delta h$  – шаг по координате; индексы:  $i$  – номер узла по координатам;  $S$  – шаг по времени или номер итерации.

Вид функций  $f_1$  и  $f_2$  для огнезащиты различных типов (пористой, не разлагающейся при нагреве, разлагающейся при нагреве с выделением пара, вспучивающейся) приведен в работе [8].

Для повышения экономичности вычислительного алгоритма использовалась неравномерная разностная сетка по каждому из направлений.

Учет вспучивания или усадки слоя огнезащиты производился путем деформирования конечно-разностной сетки по специальному алгоритму.

Для получения устойчивого и быстро сходящегося решения при наличии нелинейных эффектов (переменные ТФХ, неравномерные по времени тепловые потоки и нелинейные граничные условия) при нагреве, применялись специальные приемы и алгоритмы, позволившие достичь сходимости итераций и точности на уровне долей градуса [12 – 27].

Подтверждение сходимости итераций и точности вычислений проводилось с помощью специального тестирования.

Особенности решения задачи нестационарной теплопроводности для различных типов огнезащиты рассмотрены в работах [12 – 28]. В этих же работах представлены результаты экспериментальной проверки точности и достоверности численного решения указанной задачи, которая проводилась путем сопоставления результатов расчетов с экспериментальными данными, полученными при огневых испытаниях огнезащиты различных типов в достаточно широком диапазоне изменения условий огневого воздействия, толщин огнезащиты и параметров защищаемого объекта.

## **5.2 Исходные данные, необходимые для проведения расчетов**

Целью расчета является определение температурных полей в расчетных сечениях противопожарной стены с конструктивной огнезащитой ее

стальных несущих конструкций, выполненной на основе минераловатных плит, для проверки следующих условий:

- температура несущего стального каркаса не должна превышать допускаемого значения ( $500^{\circ}\text{C}$ );
- температура необогреваемой поверхности ограждающей части стены не должна повышаться в среднем на  $140^{\circ}\text{C}$  или в любой точке поверхности на  $180^{\circ}\text{C}$  в сравнении с начальной температурой в течение 45 и 150 мин огневого воздействия.

Расчеты проводятся для стандартного температурного режима, описываемого выражением (1.1) при  $T_0=20^{\circ}\text{C}$ .

Значение входящего в граничное условие к уравнению теплопроводности на обогреваемой поверхности стены коэффициента конвективной теплоотдачи от высокотемпературной среды к поверхности в соответствии с рекомендациями МДС 2.2000, принимаются равным  $29 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ . Значение излучательной способности газовой среды в соответствии с этими рекомендациями принимается равным 0,85.

Теплофизические характеристики стали плотностью  $7800 \text{ кг}/\text{м}^3$  определяются по формулам:

$$\lambda = 58 - 0,048 (T - 273); c = 0,48 + 0,63 \cdot 10^{-3} (T - 273). \quad (4.11)$$

Теплофизические характеристики бетона плотностью  $2330 \text{ кг}/\text{м}^3$  определяются по формулам [21]:

$$\lambda = 1,3 - 0,0035 (T - 273); c = 481 + 0,84 (T - 273). \quad (4.12)$$

Теплопроводность пористых волокнистых материалов  $\lambda$  в направлении ориентации соответствующих осей координат определяется следующим выражением [25]:

$$\lambda_{x,y} = \lambda_{x,y}' (1 - \varphi_d)^{1,5} \cdot M_k + \lambda'' \varphi_d^{0,25} + \Theta T^3, \quad (4.13)$$

где  $\lambda'$ ,  $\lambda''$  – теплопроводности каркаса пористого материала и газа, заполняющего поры;  $M_k$  – параметр контактного сопротивления;  $\Theta$  – параметр луристого теплопереноса.

Температурная зависимость теплопроводности окислов в составе образующих каркас пористого материала волокон аппроксимируется формулой вида [8]:

$$\lambda' = a_1 + b_1(T - 273) + c_1(T - 273)^2 + d_1/T. \quad (4.14)$$

Пористость сухого материала  $\phi_d$  определяется из соотношения:

$$\phi_d = 1 - \rho_0/\rho', \quad (4.15)$$

где  $\rho'$  – плотность сухого каркаса (материала волокон),  $\rho_0$  – плотность сухого пористого материала.

Зависимость от температуры теплопроводности газа, заполняющего поры, аппроксимируется линейной функцией вида [8]:

$$\lambda'' = \varepsilon_k(b_0 + b_1 T), \quad (4.16)$$

где  $\varepsilon_k$ ,  $b_0$ ,  $b_1$  – параметры аппроксимации экспериментальных данных.

Входящие в формулу (4.16) параметры имеют следующие значения:  $b_0 = 5 \cdot 10^{-4}$  Вт/(м·К),  $b_1 = 8 \cdot 10^{-5}$  Вт/(м·К<sup>2</sup>), а при  $\rho_0 > 75$  кг/м<sup>3</sup> коэффициент  $\varepsilon_k = 1,0$  [8].

Расчет теплоемкости материала волокон производится по правилу аддитивности [8]:

$$c' = \sum_{i=1}^I \mu_i c_i, \quad (4.17)$$

где  $c_i$ ,  $\mu_i$  – теплоемкость и массовая концентрация  $i$ -того компонента (окисла).

Температурная зависимость теплоемкости окислов аппроксимируется формулой вида [29]:

$$c = a_2 + b_2 T + d_2 / T. \quad (4.18)$$

Коэффициенты аппроксимации, входящие в формулу (5.18), для типичных окислов, входящих в состав волокон большинства известных теплоизоляционных и огнезащитных материалов, приведены в работах [8, 29].

Характеристики материала среднего слоя сэндвич-панелей ПСТМ и минераловатных плит, применяющихся в огнезащите несущих стальных конструкций принимаются по данным работы [8] и уточняются по данным, представленным производителями и результатам огневых испытаний соответствующих конструкций.

Для уточнения теплофизических характеристик среднего слоя сэндвич-панелей ПСТМ используются температурные зависимости, полученные при огневых испытаниях фрагмента ограждающей части, изготовленного на их основе, приведенные в предыдущей главе.

Представляется наиболее рациональным применение в огнезащите стальных несущих конструкций минераловатных плит Rockwool Conlit 150, производство которых организовано в России. Данный выбор обусловлен полнотой следующим:

- наличием всех необходимых сертификатов, подтверждающих качества плит, требующиеся при использовании в конструкции огнезащиты;
- полнотой информации о теплофизических характеристиках материала, предоставляемой предприятием изготовителем;
- относительно невысокой стоимостью по сравнению с аналогичной продукцией других производителей.

Минераловатные плиты Rockwool Conlit 150 имеют следующие характеристики:

- плотность  $165 \pm 10\% \text{ кг}/\text{м}^3$ ;
- теплопроводность  $\lambda = 0,036 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  при  $T = 10^0\text{C}$ ,

$\lambda = 0,038 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  при  $T = 25^{\circ}\text{C}$ ,

$\lambda = 0,049 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  при  $T = 125^{\circ}\text{C}$ ,

$\lambda = 0,075 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  при  $T = 300^{\circ}\text{C}$ ;

- толщина плит 20, 25, 30, 40, 50, 65 мм при размерах в плане 2000x1200 мм;
- толщина плит 20, 25, 30, 35, 40 - 100 мм при размерах в плане 1000x600 мм.

Огнезащита стальных конструкций на основе плит Rockwool Conlit 150 относится к 1-ой группе огнезащитной эффективности и обеспечивает повышение предела огнестойкости защищаемой конструкции до R 150. Данная характеристика подтверждается огневыми испытаниями образцов стальной колонны двутаврового сечения №20 ГОСТ 8239-89 с огнезащитой, толщина слоя плит в которой составила 80 мм.

Плиты относятся к классу пожарной опасности строительных материалов КМ0 по ГОСТ 30244-94 (группа горючести НГ).

Соответствующие Сертификаты на плиты Rockwool Conlit 150 приведены в Приложении.

Кроме того, компания Rockwool располагает эмпирическими зависимостями необходимых толщин плит Conlit 150 от требуемого предела огнестойкости и приведенной толщины металла защищаемой конструкции, полученными в результате проведения огневых испытаний.

Приведенная толщина металла характеризует теплоемкость защищаемой конструкции и равна отношению площади ее поперечного сечения к обогреваемому периметру.

Указанные зависимости могут использоваться непосредственно для определения необходимой толщины плит Rockwool Conlit 150. Для случаев, не охваченных данными зависимостями, требуется проведение расчетов.

### 4.3 Результаты расчетов

Приведенные ниже результаты расчетов толщины термостойкого теплоизолирующего слоя огнезащиты для типовых узлов противопожарных стен и перегородок иллюстрируются распределениями температуры в расчетном сечении для ряда моментов времени от начала стандартного огневого воздействия, а также зависимостями от времени температур в характерных точках расчетного сечения, обозначенных римскими цифрами на соответствующих расчетных схемах. Температурные поля в расчетном сечении изображены в виде картин цветных изополос температуры, значения которой отсчитываются по совмещенной с каждым рисунком масштабной шкале. Все приведенные иллюстрации соответствуют найденному в результате расчетов рациональному значению толщины плит Rockwool Conlit 150.

Расчеты проводили для случаев, на которые не распространяются рекомендации компании Rockwool, основанные зависимостях толщины плит от пределов огнестойкости и приведенной толщины металла защищаемой конструкции, полученных по результатам огневых испытаний и представленных на официальном сайте компании. Данные рекомендации представлены в виде программы, интерфейс которой показан на рисунке 4.1 [30].

Для расчетных случаев, представленных на рисунках 4.2, 4.11, 4.20, 4.29, 4.38 и 4.47 и включающих в себя рассмотрение нескольких типоразмеров сечения защищаемого стального элемента, расчеты проводили для профиля, обладающего минимальной теплоемкостью из всей представленной номенклатуры сечений, что гарантирует получение «верхней» оценки толщины огнезащиты.

Результаты проектных расчетов толщины теплоизолирующего слоя огнезащиты сведены в таблицу 4.1.

Толщина сэндвич-панелей, образующих ограждающую часть стены  $\delta_1$  принята равной 60 и 120 мм, для пределов огнестойкости EI 45 и EI 150

соответственно, согласно сертификату пожарной безопасности, приведенному в Приложении.

В расчетах по схеме, представленной на рисунке 4.1, толщина и материал наружной стены и ее толщина выбраны по критерию минимальности теплопроводности из всех возможных случаев, что минимизирует отток тепла наружу здания при пожаре и, таким образом, гарантирует получение «верхней» оценки толщины огнезащиты. Таки образом,  $\delta_c = 250$  мм.

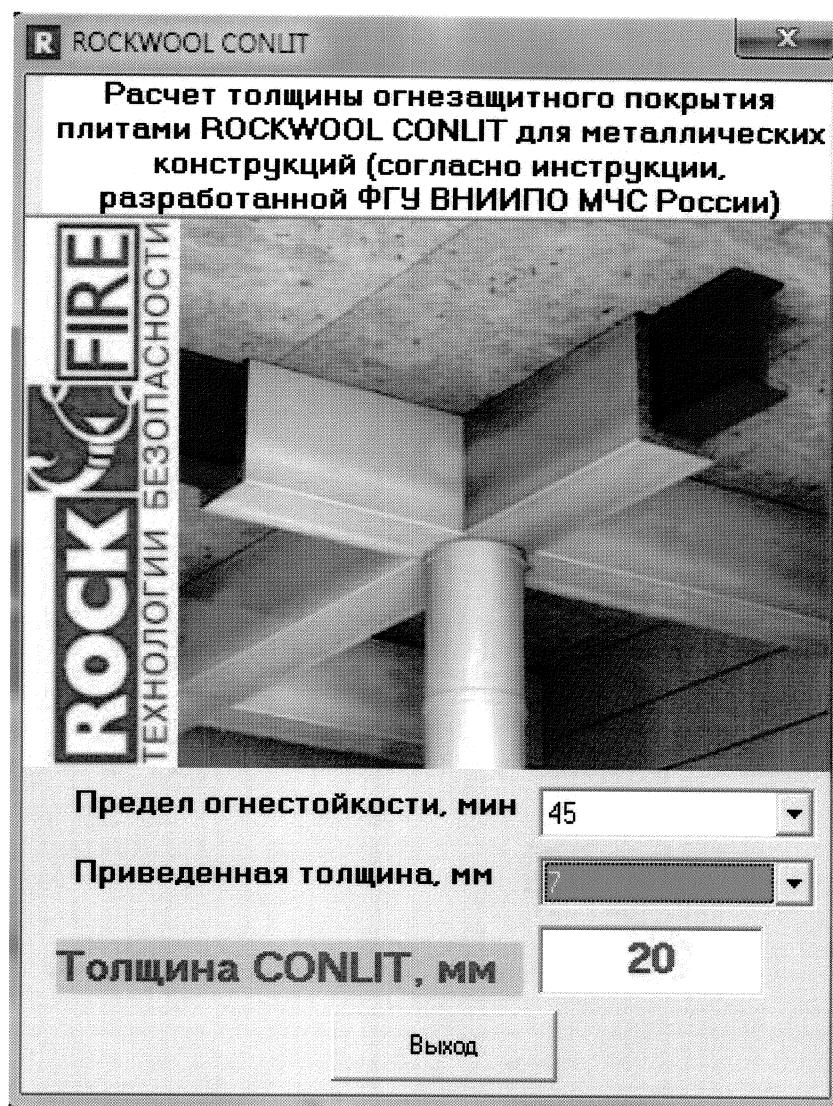


Рисунок 4.1 – Интерфейс программы расчета толщины теплоизолирующего слоя из плит Rockwool Conlit 150 по результатам огневых испытаний.

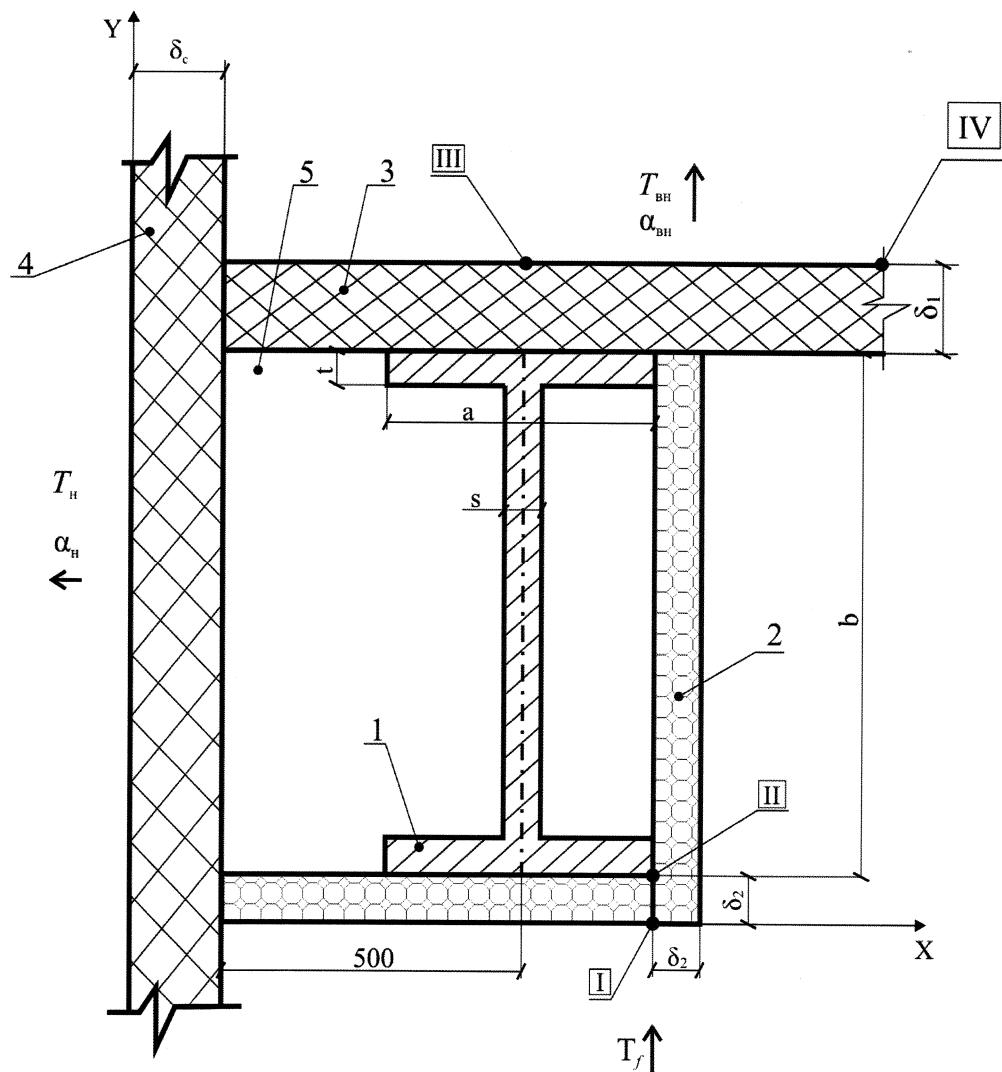


Рисунок 4.2 – Теплотехническая расчетная схема №1 противопожарной стены в зоне примыкания к наружной стене: 1 – стальной двутавр С-235; 2 – плита минераловатная Rockwool Conlit 150, 3 и 4 – сэндвич-панель стеновая ОАО «ЧЗПСН-Профнастил»; 5 – воздушная полость.

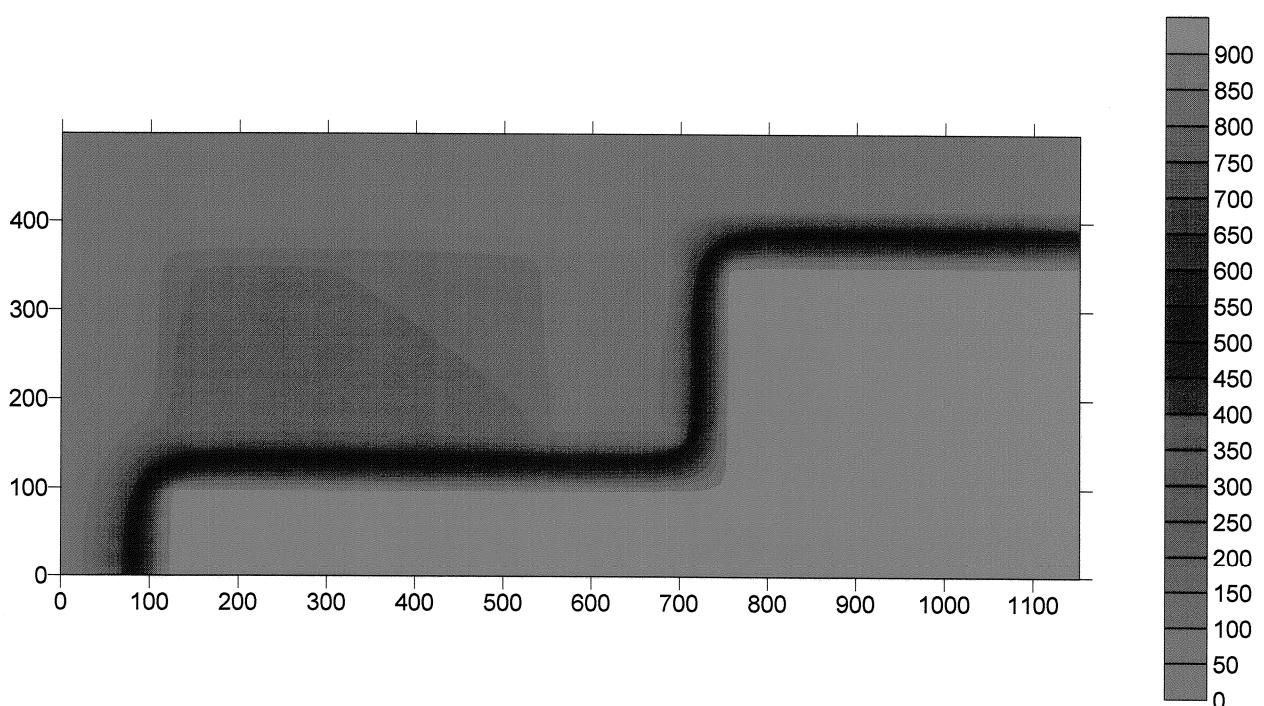


Рисунок 4.3 – Температурное поле в расчетном сечении противопожарной стены REI 150 в зоне примыкания к наружной стене через 50 минут огневого воздействия.

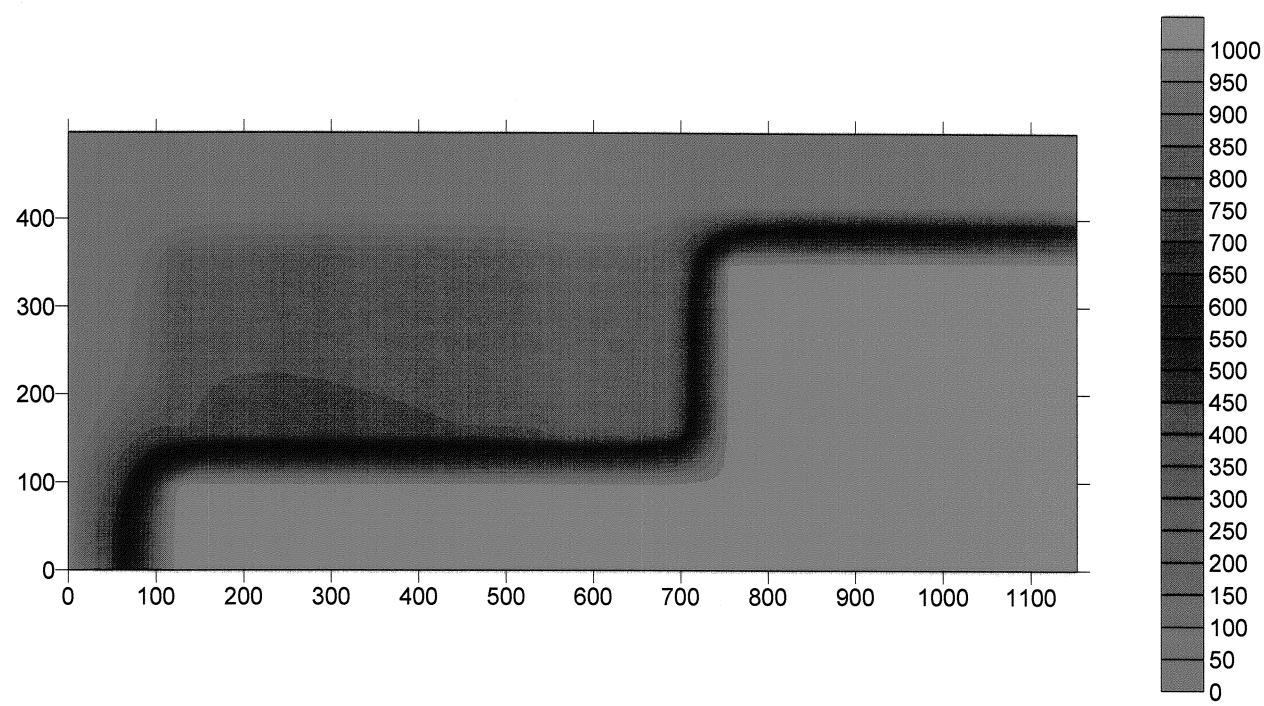


Рисунок 4.4 – Температурное поле в расчетном сечении противопожарной стены REI 150 в зоне примыкания к наружной стене через 100 минут огневого воздействия.

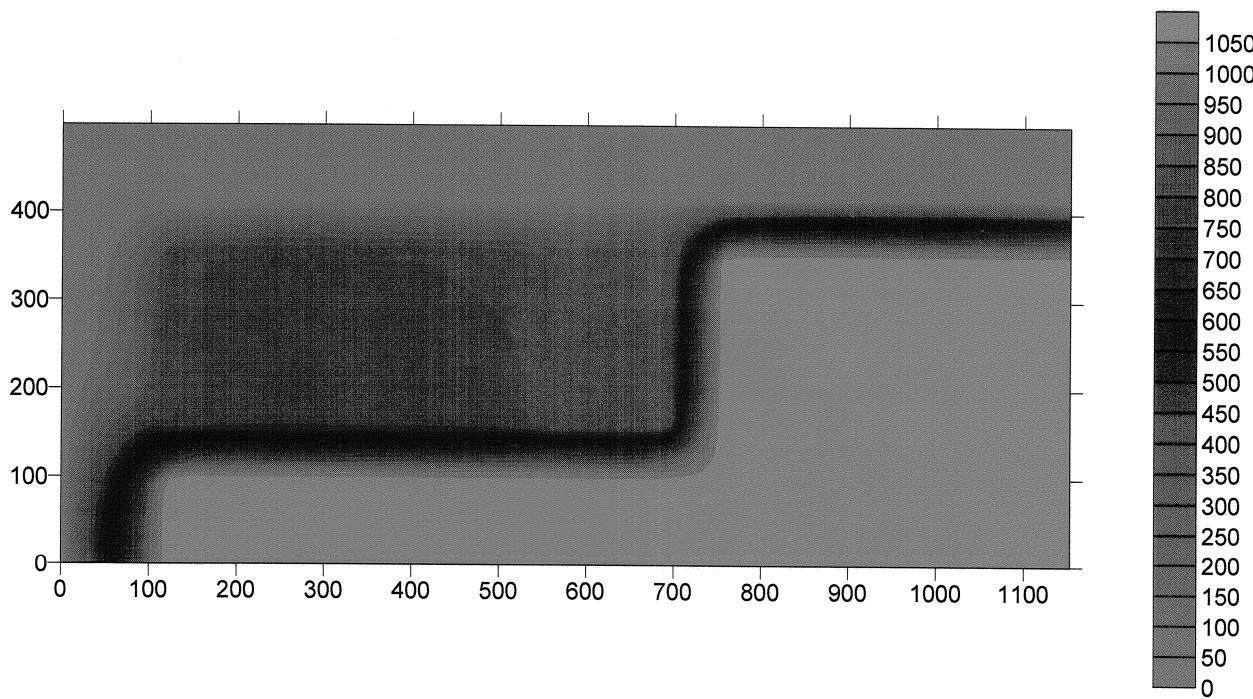


Рисунок 4.5 – Температурное поле в расчетном сечении противопожарной стены REI 150 в зоне примыкания к наружной стене через 150 минут огневого воздействия.

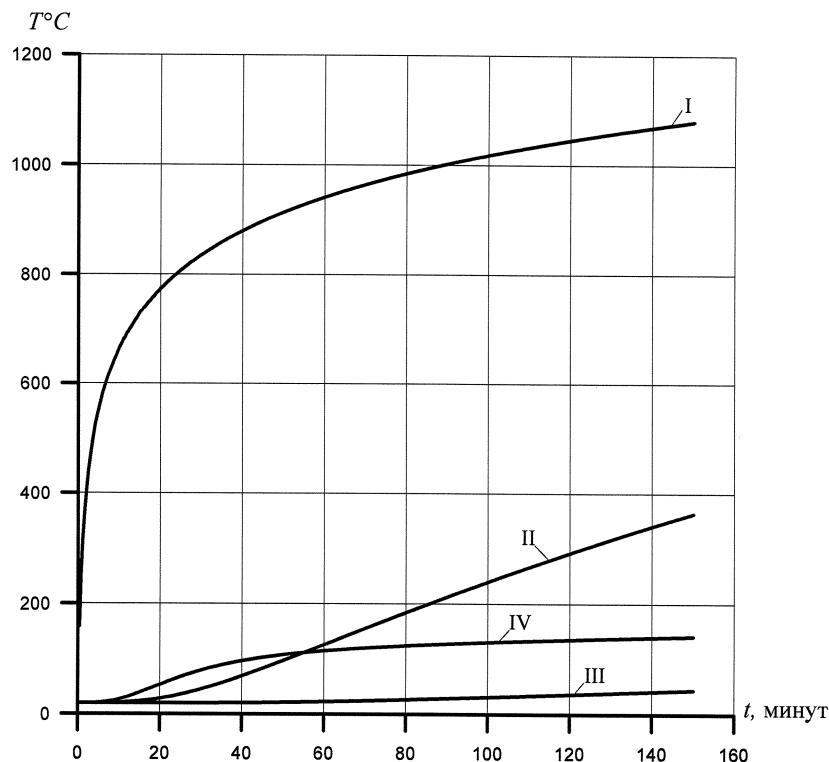


Рисунок 4.6 – Зависимость от времени температуры в характерных точках расчетной схемы №1, обозначенных римскими цифрами на рисунке 4.2. Требуемый предел огнестойкости 150 минут,  $\delta_2=60$  мм.

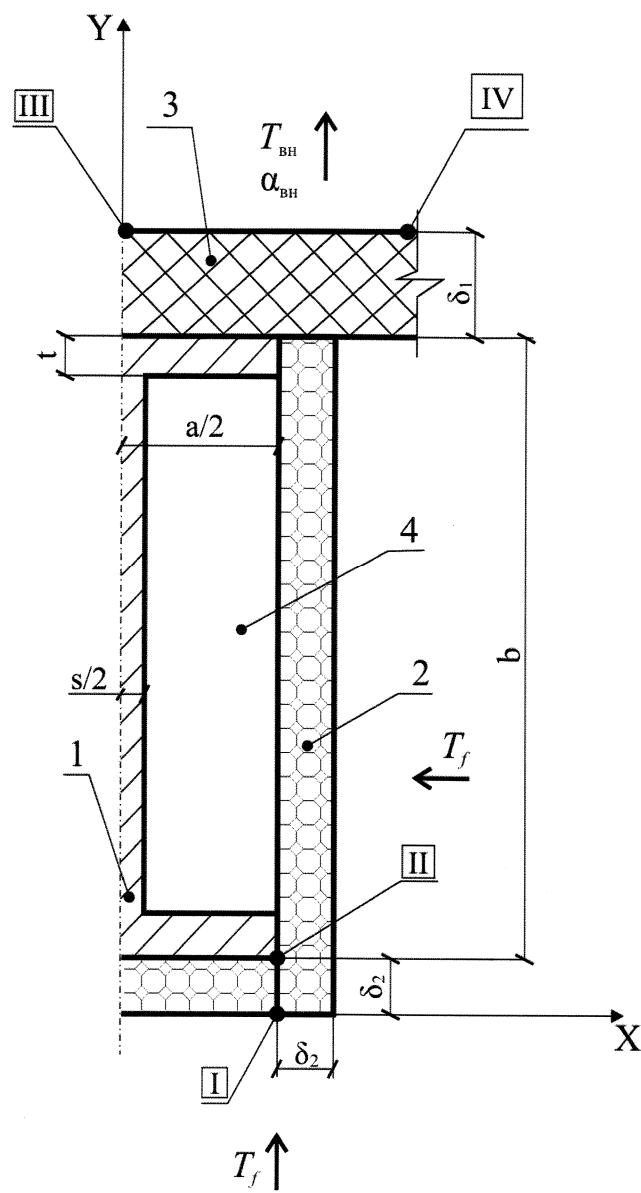


Рисунок 4.7 – Теплотехническая расчетная схема №2 противопожарной стены в зоне стойки: 1 – стальной двутавр С-235; 2 - плита минераловатная Rockwool Conlit 150, 3 – сэндвич-панель стеновая ОАО «ЧЗПСН-Профнастил»; 4 – воздушная полость.

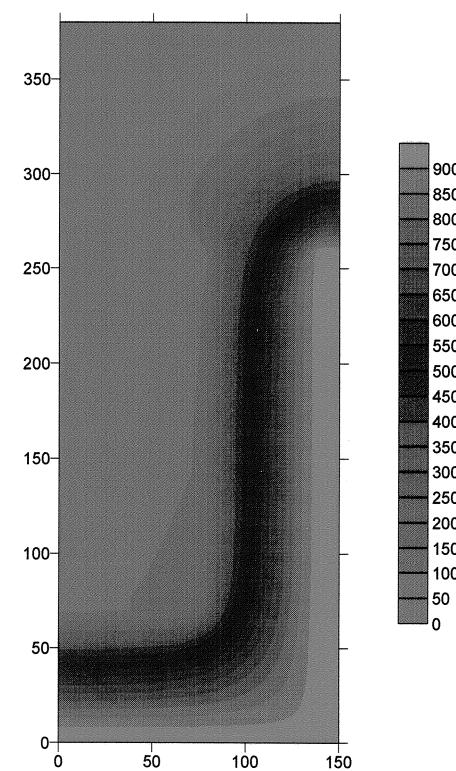


Рисунок 4.8 – Температурное поле в расчетном сечении противопожарной стены REI 150 в зоне стойки через 50 минут огневого воздействия.

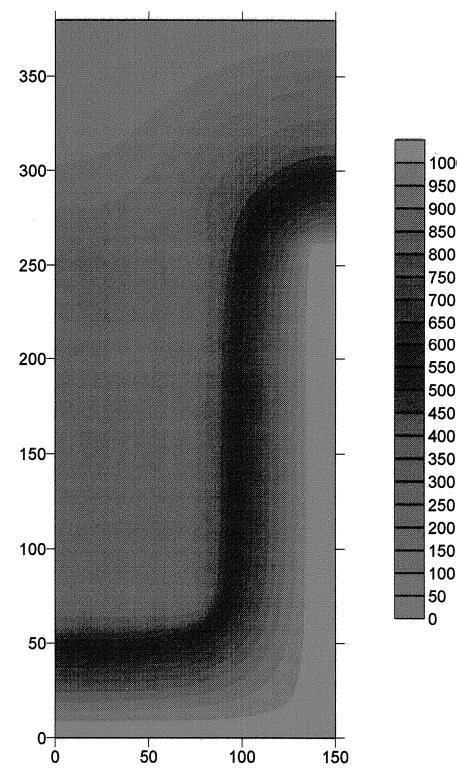


Рисунок 4.9 – Температурное поле в расчетном сечении противопожарной стены REI 150 в зоне стойки через 100 минут огневого воздействия.

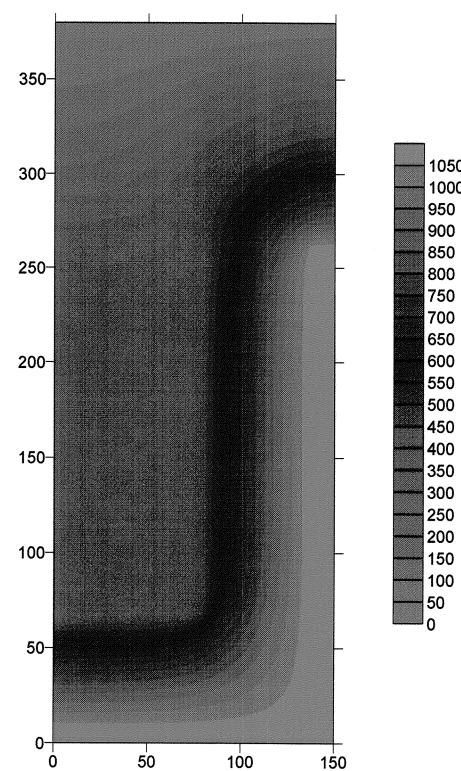


Рисунок 4.10 – Температурное поле в расчетном сечении противопожарной стены REI 150 в зоне стойки через 150 минут огневого воздействия.

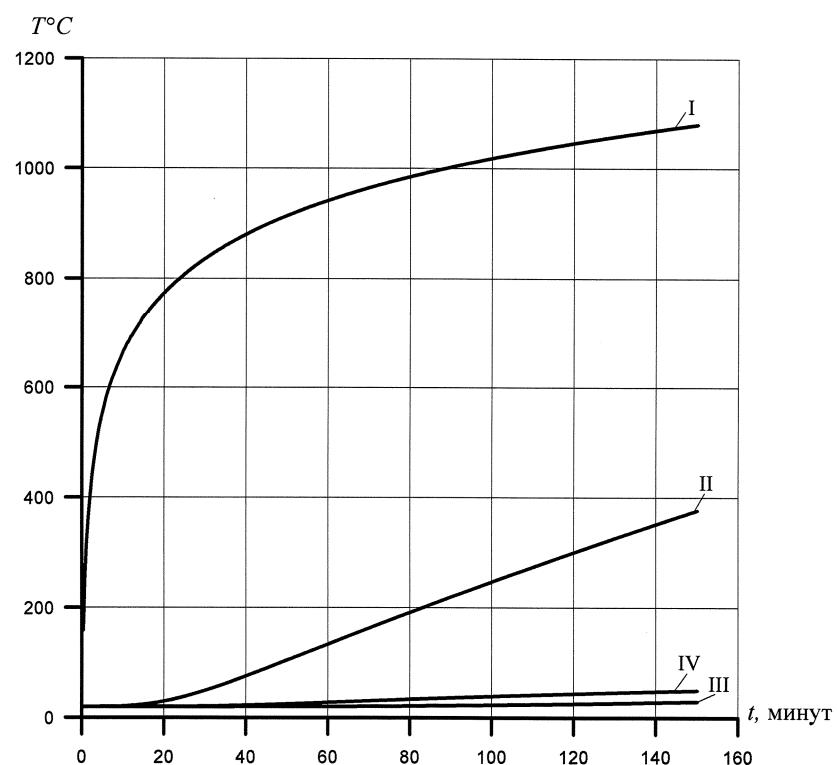


Рисунок 4.11 – Зависимость от времени температуры в характерных точках расчетной схемы №2, обозначенных римскими цифрами на рисунке 4.7. Требуемый предел огнестойкости 150 минут,  $\delta_2=60$  мм.

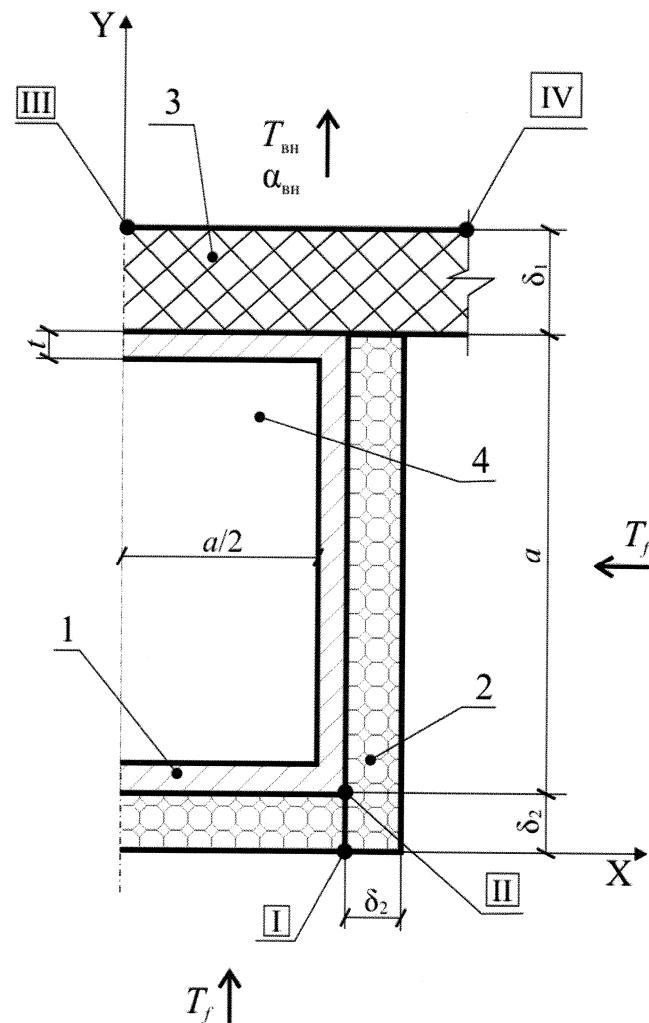


Рисунок 4.12 – Теплотехническая расчетная схема №3 противопожарной стены в зоне ригелей: 1 – стальной профиль по ГОСТ 30245-2003 С-235; 2 - плита минераловатная Rockwool Conlit 150, 3 – сэндвич-панель стеновая ОАО «ЧЗПСН-Профнастил»; 4 – воздушная полость.

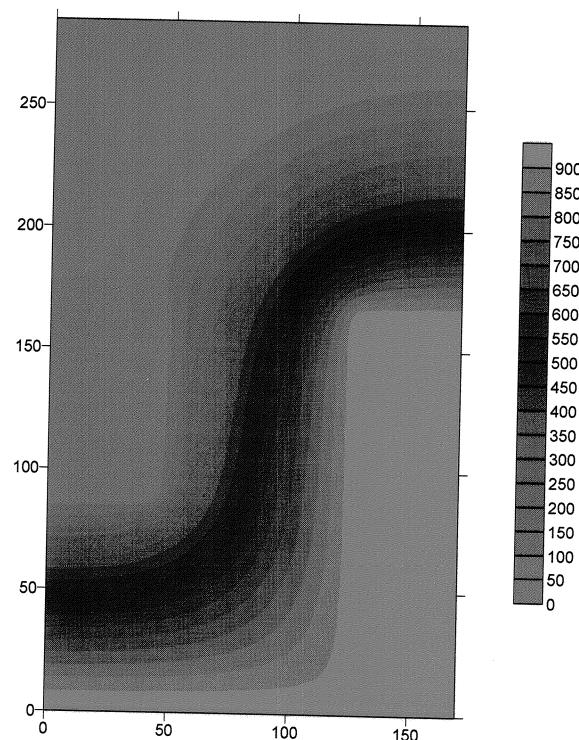


Рисунок 4.13 – Температурное поле в расчетном сечении противопожарной стены REI 150 в зоне ригелей (стоеч) из профиля по ГОСТ 30245-2003 через 50 минут огневого воздействия.

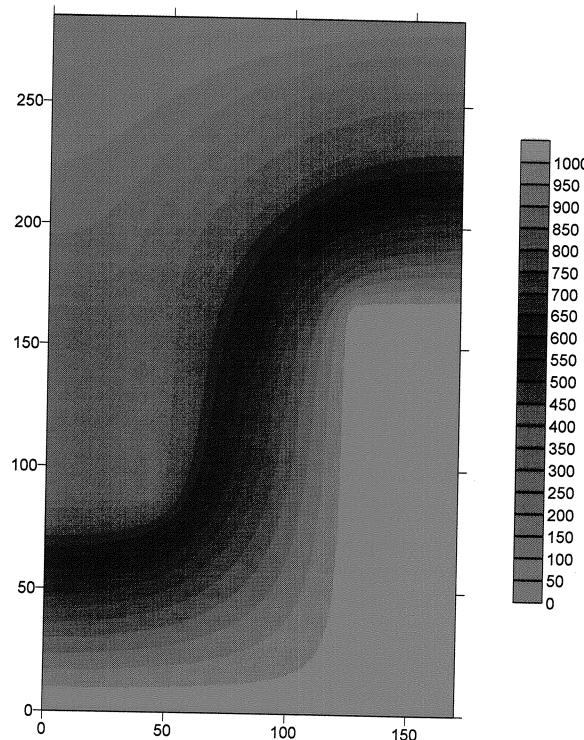


Рисунок 4.14 – Температурное поле в расчетном сечении противопожарной стены REI 150 в зоне ригелей (стоеч) из профиля по ГОСТ 30245-2003 через 100 минут огневого воздействия.

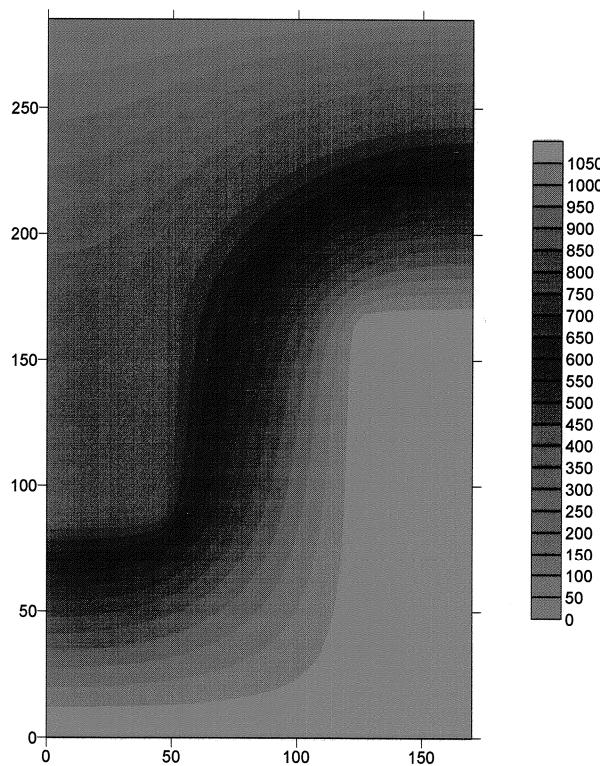


Рисунок 4.15 – Температурное поле в расчетном сечении противопожарной стены REI 150 в зоне ригелей (стоеч) из профиля по ГОСТ 30245-2003 через 150 минут огневого воздействия.

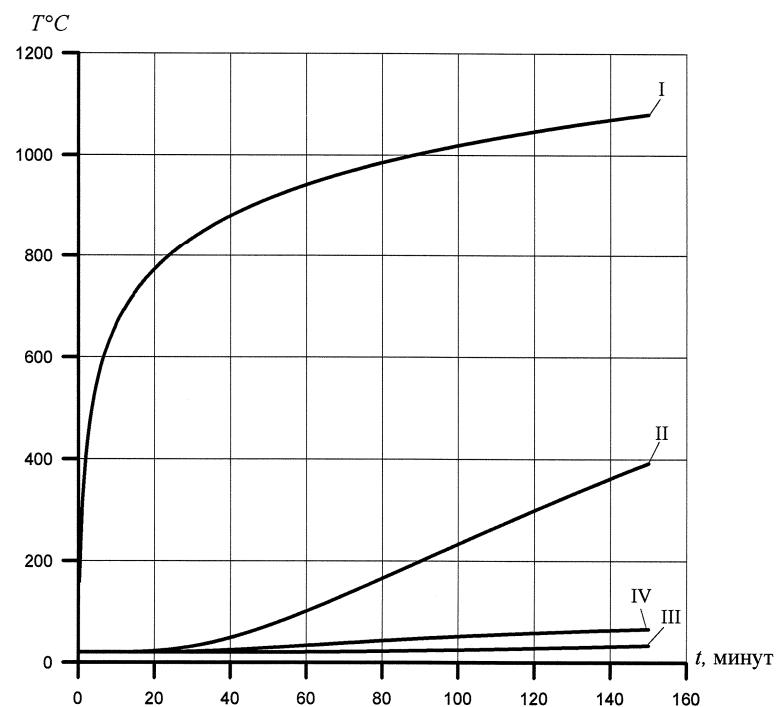


Рисунок 4.16 – Зависимость от времени температуры в характерных точках расчетной схемы №3, обозначенных римскими цифрами на рисунке 4.12. Требуемый предел огнестойкости 150 минут,  $\delta_2=80$  мм.

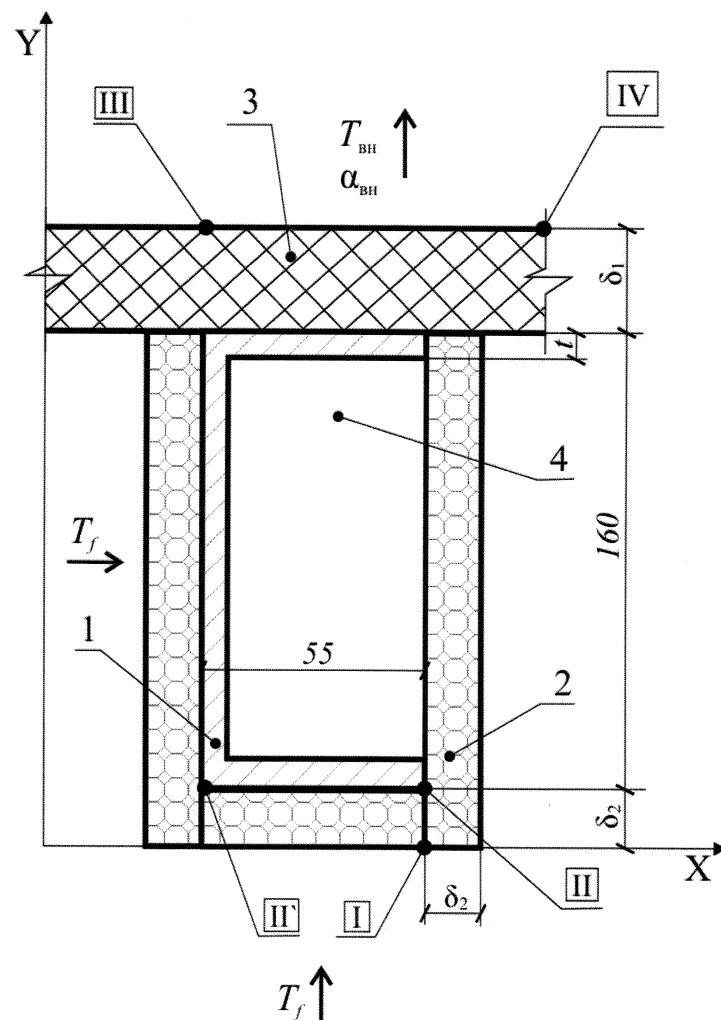


Рисунок 4.17 – Теплотехническая расчетная схема №4 противопожарной стены в зоне ригелей: 1 – стальной профиль по ГОСТ 30245-2003 С-235; 2 - плита минераловатная Rockwool Conlit 150, 3 – сэндвич-панель стеновая ОАО «ЧЗПСН-Профнастил»; 4 – воздушная полость.

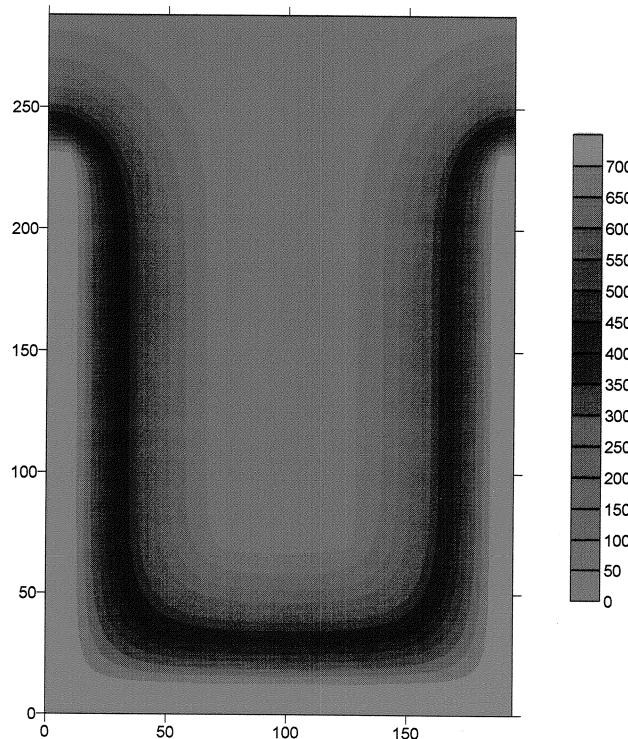


Рисунок 4.18 – Температурное поле в расчетном сечении противопожарной стены REI 45 в зоне ригелей (расчетная схема №4) через 15 минут огневого воздействия.

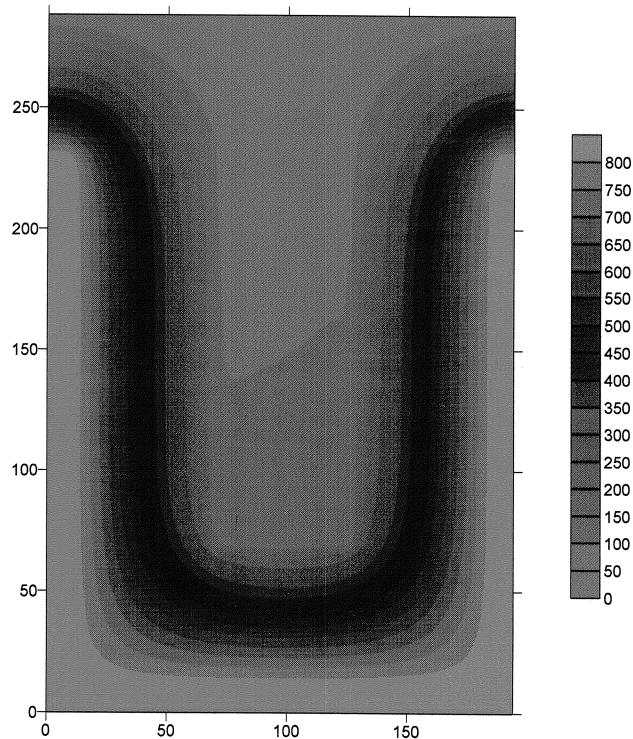


Рисунок 4.19 – Температурное поле в расчетном сечении противопожарной стены REI 45 в зоне ригелей (расчетная схема №4) через 30 минут огневого воздействия.

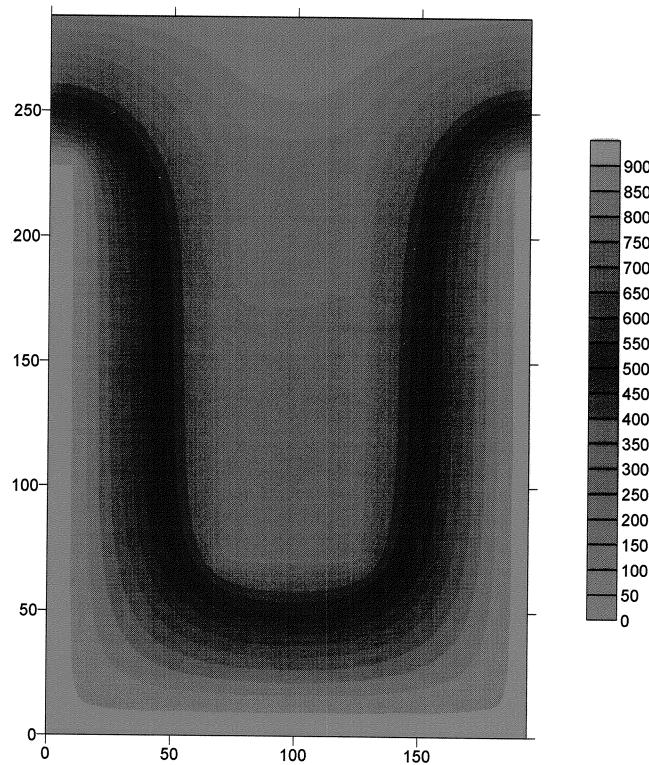


Рисунок 4.20 – Температурное поле в расчетном сечении противопожарной стены REI 45 в зоне ригелей (расчетная схема №4) через 45 минут огневого воздействия.

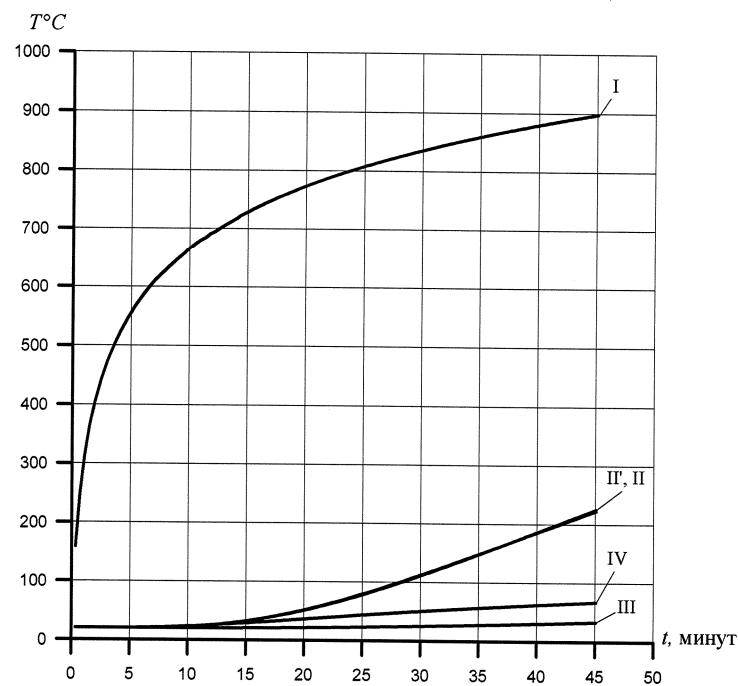


Рисунок 4.21 – Зависимость от времени температуры в характерных точках расчетной схемы №4, обозначенных римскими цифрами на рисунке 4.17. Требуемый предел огнестойкости 45 минут,  $\delta_2=60$  мм.

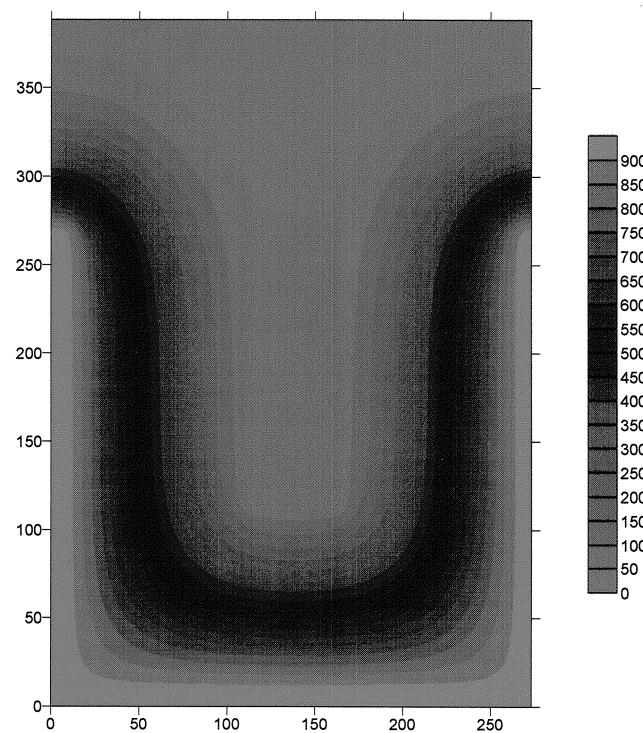


Рисунок 4.22 – Температурное поле в расчетном сечении противопожарной стены REI 150 в зоне ригелей (расчетная схема №4) через 50 минут огневого воздействия.

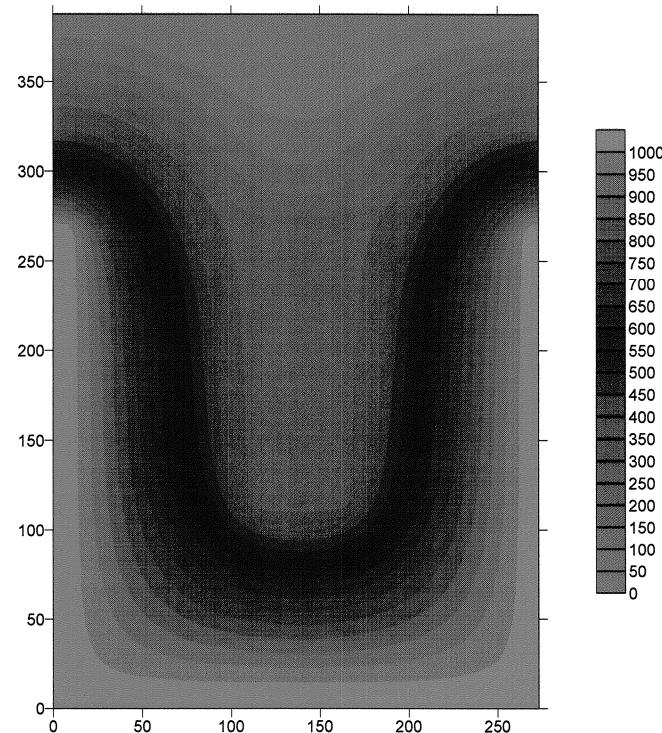


Рисунок 4.23 – Температурное поле в расчетном сечении противопожарной стены REI 150 в зоне ригелей (расчетная схема №4) через 100 минут огневого воздействия.

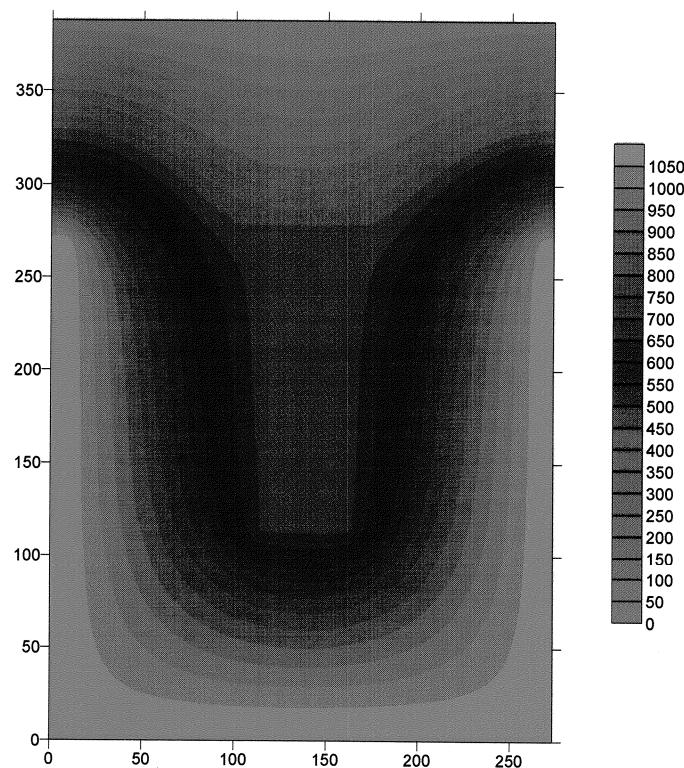


Рисунок 4.24 – Температурное поле в расчетном сечении противопожарной стены REI 150 в зоне ригелей (расчетная схема №4) через 150 минут огнестойкости.

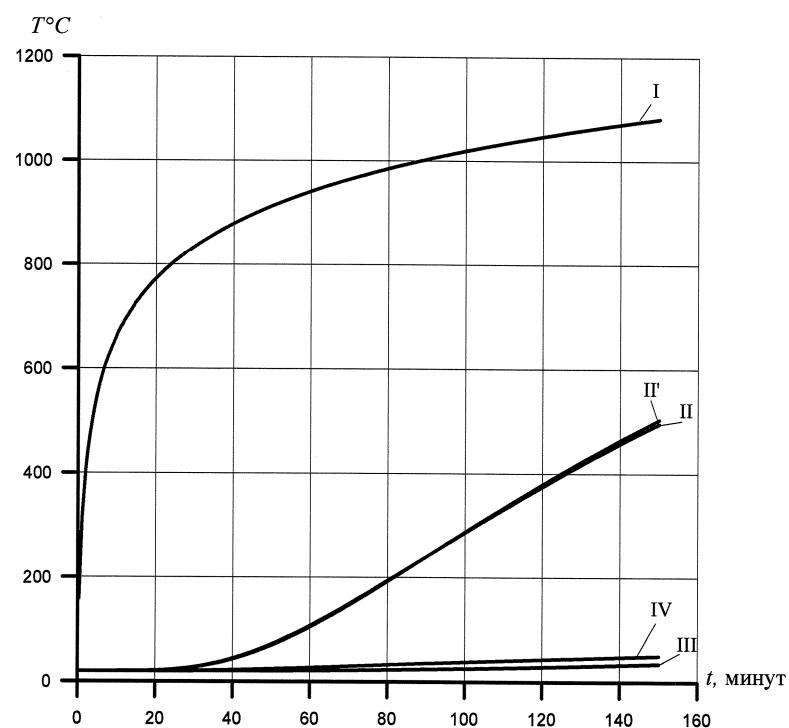


Рисунок 4.25 – Зависимость от времени температуры в характерных точках расчетной схемы №4, обозначенных римскими цифрами на рисунке 4.17. Требуемый предел огнестойкости 150 минут,  $\delta_2=100$  мм.

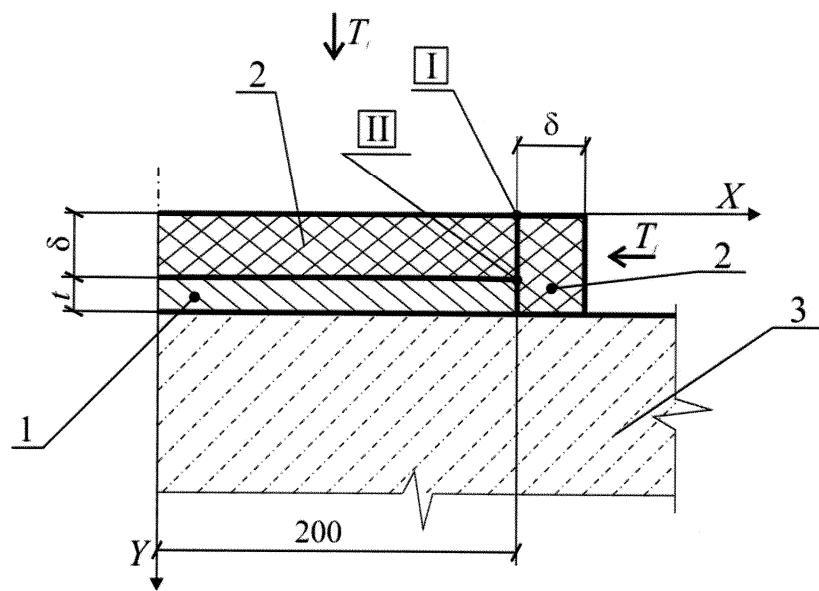


Рисунок 4.26 – Теплотехническая расчетная схема №5 противопожарной стены в зоне опорной плиты стоек: 1 – сталь С-235; 2 – плита минераловатная Rockwool Conlit 150; 3 – бетон.

Таблица 5.1 – Рациональные значения толщины огнезащиты.

| Тип профиля | Конструкции         | Размеры профиля | Приведенная толщина металла<br>$\Delta$ мм | Толщина огнезащиты<br>$\delta_2$ , мм |      |
|-------------|---------------------|-----------------|--|---------------------------------------|------|
|             |                     |                 |  | R45                                   | R150 |
| <b>I</b>    | стойки              | 20Ш1            | 7,0  | 20*                                   | 60   |
|             |                     | 25Ш1            | 8,1  |                                       |      |
|             |                     | 30Ш1            | 8,8  |                                       |      |
| <b>□</b>    | стойки, ригели      | 80x3            | 3,8  | 20*                                   | 80   |
|             |                     | 80x4            | 5,0  |                                       |      |
|             |                     | 120x5           | 6,4  |                                       |      |
|             |                     | 140x5           | 6,4  |                                       |      |
|             |                     | 160x5           | 6,4  |                                       |      |
| <b>Ц</b>    | ригели              | 160x55x2        | 1,4  | 60                                    | 100  |
|             |                     | 160x55x3        | 2,1  | 30*                                   |      |
|             |                     | 160x55x4        | 2,8  | 20*                                   |      |
| <b>—</b>    | опорная плита стоек | $t = 15 - 30$   | 15 – 30                                    | 20*                                   | 20*  |

\* – расчет выполнен по эмпирическим зависимостям компании Rockwool.

## **5 Выбор и обоснование технических параметров элементов крепления огнезащиты к защищаемому объекту**

С целью предотвращения преждевременного разрушение огнезащиты стальных конструкций противопожарных стен и перегородок предлагается крепление ее слоев осуществлять механическим способом. Проведенный анализ различных способов крепления конструктивной (в т.ч., композиционной) огнезащиты на основе плитных материалов к защищаемым конструкциям показал, что наиболее рациональным способом крепления является использование шпилечного соединения или с применением самонарезающих винтов. В этом случае один их конец имеет непосредственное соединение с металлом защищаемой конструкции посредством сварки или резьбы.

Эффективность применения крепежа такой конструкции проверена многолетним опытом работы специалистов ЗАО «Теплоогнезащита» на объектах строительной, нефтегазовой отраслей и энергетики.

Однако, поскольку свободный конец шпилек рас полагается на обогреваемой поверхности или в непосредственной близости от нее, то они играют роль тепловых мостов, вызывающих локальное повышение температуры защищаемого объекта по сравнению с зонами свободными от элементов крепежа. В связи с этим возникает задача определения оптимального диаметра шпилек или винтов, являющихся тепловыми мостами, по которым теплота перетекает из прогретого до высоких температур подповерхностного слоя огнезащиты в защищаемую конструкцию.

В силу очевидных причин температурное поле в зоне соединительных элементов трехмерно. Это существенно осложняет его расчет. Кроме того, при расчетах необходимо учитывать окисление металла соединительных элементов при высоких температурах, так как в процессе работы огнезащиты возможен их контакт с кислородом воздуха.

Рассмотрим методику расчета узлов крепления такого типа на примере конструктивной композиционной огнезащиты из термостойких базальтово-

локнистых плит и огнезащитного покрытия на минеральном вяжущем [31]. Для варианта конструктивного исполнения конструктивной композиционной огнезащиты, показанного на рисунке 5.1, были проведены экспериментальные исследования, подтвердившие работоспособность узлов крепления огнезащиты к стальным балкам и железобетонному перекрытию, в том числе отформованному по профилированному стальному листу, в виде шпилек диаметром 3 мм с прямоугольными стальными шайбами толщиной 2-3 мм.

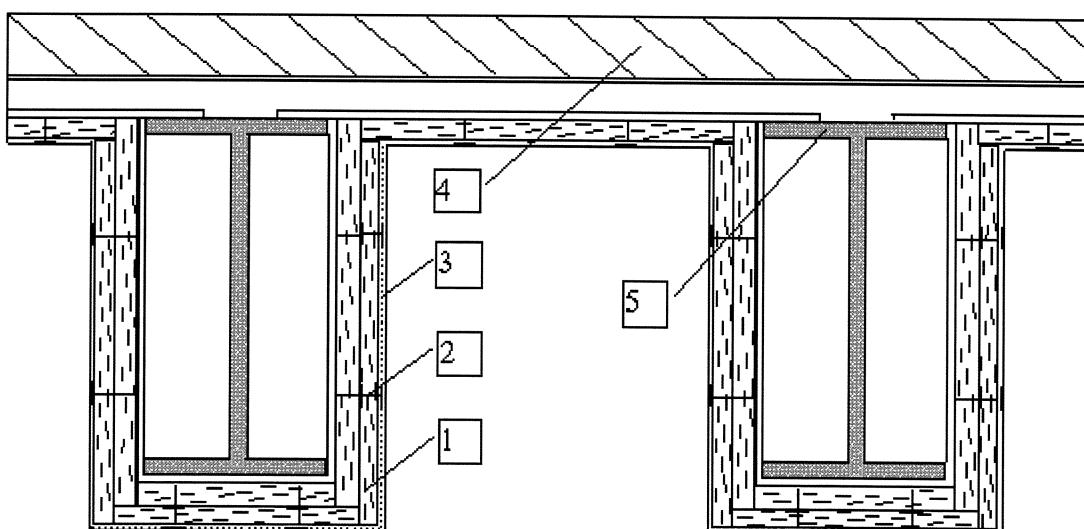


Рисунок 5.1 – Пример конструктивной композиционной огнезащиты железобетонного перекрытия со стальной двутавровой балкой, выполненной на основе плит негорючих термостойких из супертонкого базальтового волокна ПНТБ: 1 - плиты ПНТБ; 2 - шпильки с шайбами; 3 - наружный слой из фосфатного состава; 4- железобетонные плиты перекрытия по профнастилу; 5 - стальной двутавр.

Был создан специальный математический аппарат, позволяющий оптимизировать параметры соединений такого типа для огнезащиты проектируемых строительных конструкций, отличающихся от конструкции, показанной на рисунке 5.1, толщиной, материалом, уровнем требуемой огнестойкости и т.п.

В качестве критерия оптимальности шпилечного соединения было принято условие минимума затрат на изготовление и монтаж соединительных элементов, необходимых для присоединения к защищаемой конструкции одного элемента огнезащиты (плиты стандартных размеров):

$$\Phi_c = N(C_m + C_i + C_y) = \min; \quad (5.1)$$

где  $N$  - количество соединительных элементов,  $C_m$ ,  $C_i$ ,  $C_y$  - стоимости материалов, изготовления и монтажа на объекте одного соединительного элемента.

Ограничением снизу для варьируемого в процессе поиска минимума функционала (5.1) числа соединений, приходящихся на один элемент огнезащиты, является их минимальное количество, выбираемое из конструктивно-технологических соображений.

Стоимость материалов шпилечного соединения зависит от размеров шпильки: диаметра ( $d_{ш}$ ) и длины ( $l_{ш}$ ). В свою очередь, диаметр шпильки определяется из условия прочности соединения:

$$\frac{M(\delta, \rho)}{N S(\Pi_{tp})} = \frac{\sigma_{\text{пр}} [T(\Pi_{tp})]}{k_3}, \quad (5.2)$$

где  $M$ ,  $\delta$ ,  $\rho$  - масса, толщина и средняя плотность элемента огнезащиты;  $S = \pi d^2 / 4$  - площадь поперечного сечения шпильки;  $d$  - диаметр поперечного сечения шпильки;  $\Pi_{tp}$  - требуемый предел огнестойкости защищаемой конструкции;  $\sigma_{\text{пр}} [T(\Pi_{tp})]$  - предел прочности материала шпильки при максимальной температуре, соответствующей требуемому пределу огнестойкости;  $k_3$  - коэффициент запаса.

Требуемая толщина огнезащиты и равная ей длина шпильки находятся из условия:

$$\Pi_{\phi} \geq \Pi_{tp}; \quad (5.3)$$

где  $\Pi_{\phi}$  - фактический предел огнестойкости конструкции с огнезащитой.

В основу теплотехнической части расчета фактического предела огнестойкости конструкции с огнезащитой в данном случае должно быть положено решение трехмерной нестационарной задачи теплопроводности в зоне шпилечного соединения [8], позволяющей учитывать неравномерность температурного поля, обусловленную перетеканием теплоты вдоль высокотеплопроводной шпильки из «горячей» зоны в «холодную».

Уравнение теплопроводности с краевыми условиями запишем применительно к расчетной схеме, показанной на рисунке 5.2 в системе координат OXYZ, начало которой находится на необогреваемой поверхности конструкции, а ось OX является осью симметрии. Боковыми границами расчетной области являются плоскости тепловой симметрии, параллельные координатным плоскостям OXZ (ось OZ на рисунке не показана), OXY и расположенных на одинаковом расстоянии от оси OX, равном  $b/2$ :

$$(1 - \phi)\rho'c'\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}(\lambda_{xx}\frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{1}{y^n}\frac{\partial}{\partial y}(y^n\lambda_{yy}\frac{\partial T}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(\lambda_{zz}\frac{\partial T}{\partial z}); \quad (5.4)$$

$$t < 0, \quad 0 \leq x \leq x_w(y), \quad 0 \leq y \leq b/2; \quad 0 \leq z \leq b/2.$$

Для части расчетной области, занятой шпилькой,  $n=1$ ,  $\lambda_{zz}=0$ ; для остальной части  $n=0$ ,  $\lambda_{yy}=\lambda_{zz}$ .

Краевые условия к уравнению (5.4) целесообразно представить в следующей форме.

Начальное условие:

$$T(x, y, z, 0) = T_0 = \text{const.} \quad (5.5)$$

Условие на обогреваемой поверхности:

$$\alpha_f(T_f - T_w) + A_{ef}\sigma(T_f^4 - T_w^4) = \lambda_{xx}\left.\frac{\partial T}{\partial x}\right|_{x=x_w-0}. \quad (5.6)$$

Условие на необогреваемой поверхности:

$$\alpha_e (T_x - T_e) + A'_{ef} \sigma (T_x^4 - T_e^4) = -\lambda_{xx} \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0}. \quad (5.7)$$

Условия на границах между различными материалами:

$$T \Big|_{x=x_r-0} = T \Big|_{x=x_r+0}; \quad \lambda_{xx} \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=x_r+0} = \lambda_{xx} \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=x_r+0}; \quad (5.8)$$

$$T \Big|_{y=y_r-0} = T \Big|_{y=y_r+0}; \quad \lambda_{yy} \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=y_r+0} = \lambda_{yy} \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=y_r+0}. \quad (5.9)$$

Условие на боковых границах расчетной области и в центре шпильки:

$$\frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=b/2} = 0; \quad \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_{z=b/2} = 0; \quad \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=0} = 0. \quad (5.10)$$

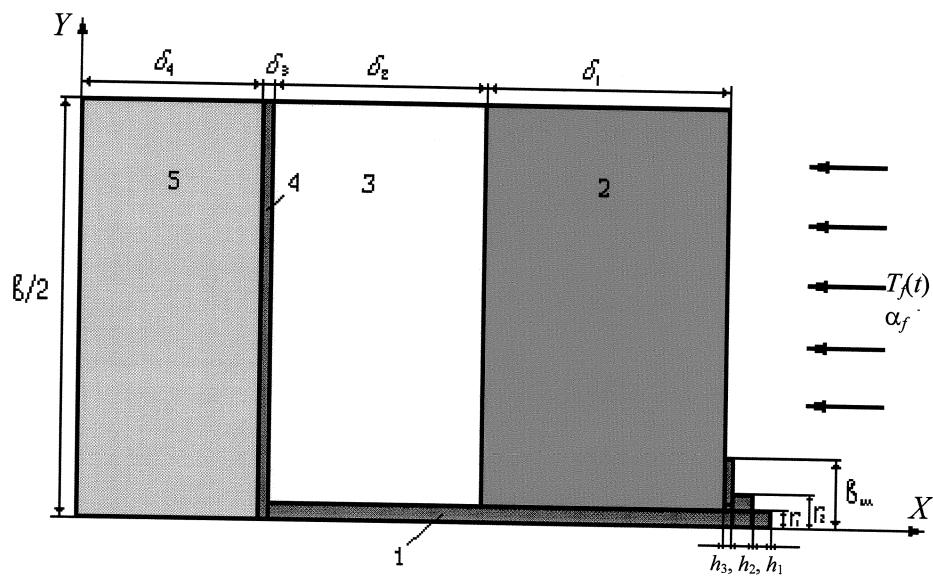


Рисунок 5.2 - Расчетная схема прогрева шпилечного соединения композиционной огнезащиты со строительной конструкцией: 1 - стальная шпилька с шайбой; 2,3 - наружный и внутренний слои композиционной огнезащиты; 4 - стальная прослойка; 5 - слой бетона.

В приведенных выше формулах приняты следующие обозначения:

$T$ - температура;  $t$  - время;  $x, y, z$ - координаты;  $\lambda$  - теплопроводность;  $c$ - теплоемкость;  $\rho$ -плотность;  $\alpha$ - коэффициент конвективного теплообмена;  $A_{ef} = 1 / (1/\varepsilon_f + 1/\varepsilon_w - 1)$  – эффективная степень черноты;  $\varepsilon$  - излучательная способность (степень черноты) ;  $\sigma$  - постоянная Стефана-Больцмана;  $b$ - продольный размер расчетной области; индексы: 0 - начальный;  $w$ ,  $x$  - обогреваемая и необогреваемая поверхности;  $f$  - пламя;  $e$  - окружающая среда (холодная);  $r$  - граница.

Входящие в уравнение (5.4) теплофизические характеристики материала слоев описаны в главе 4.

Очевидно, что диаметр шпильки, входящий в условие прочности (5.2), уменьшается во времени, вследствие окисления ее материала химически активными компонентами окружающей среды при высоких температурах.

Основным окисляющим компонентом газовой среды является кислород. При высоких температурах (более 570  $^{\circ}\text{C}$ ) на поверхности железа, соприкасающейся с атмосферой, образуется увеличивающаяся во времени пленка окислов, состоящая из трех слоев [32, 33]:

- слой  $\text{FeO}$ , прилегающий к металлической поверхности;
- промежуточный слой из  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ;
- наружный слой из  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

При температурах, превышающих 700  $^{\circ}\text{C}$ , соотношение между толщинами слоев перестает зависеть от времени и составляет:  $\text{FeO} : \text{Fe}_3\text{O}_4 : \text{Fe}_2\text{O}_3 = 100 : 5 : 1$ . При снижении содержания кислорода в атмосфере за счет увеличения доли  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$  толщины слоев  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  уменьшаются.

Таким образом, определяющей в суммарном процессе окисления железа является реакция:



Согласно данным работы [7] при температурах, превышающих 250  $^{\circ}\text{C}$ , и нормальном давлении окисление железа описывается параболическим законом:

$$(\Delta m)^2 = k_n t; \quad (5.12)$$

где  $\Delta m$  – «привес» массы на единицу площади ( $\text{кг}/\text{м}^2$ );  $t$  - время;  $k_n$  - константа скорости окисления.

В связи с тем, что концентрация дефектов в вюстите ( $\text{FeO}$ ) на границе раздела железо-вюстит и вюстит-магнетит ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) фиксирована достигаемым там равновесием, при заданной температуре, на константу параболической скорости почти не влияет внешнее парциальное давление кислорода [33]. Рост парциального давления кислорода в газовой среде должен приводить к росту относительной толщины внешнего гематитового ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) слоя, но поскольку этот слой составляет всего лишь 1% общей толщины окалины, изменение константы скорости при изменении парциального давления кислорода незначительно.

Из обзора результатов экспериментальных исследований окисления железа, сделанного авторами работы [32], следует, что зависимость константы скорости от температуры хорошо описывается следующими формулами:

- при температурах  $400-600$   $^{\circ}\text{C}$

$$k_n = 0,11 \exp\left(-\frac{36600}{RT}\right), \text{ Г}^2/\text{см}^4\text{с}; \quad (5.13)$$

- при температурах  $500-1000$   $^{\circ}\text{C}$

$$k_n = 0,37 \exp\left(-\frac{33000}{RT}\right), \text{ Г}^2/\text{см}^4\text{с}. \quad (5.14)$$

Из приведенных в этой работе данных также следует, что для сталей с содержанием углерода до 0,47 % при температурах до  $1050$   $^{\circ}\text{C}$  формулы (5.13), (5.14) обеспечивают удовлетворительную точность расчета (с некоторым завышением в области температур  $900-1000$   $^{\circ}\text{C}$ ). Наличие  $\text{CO}_2$  в смесях газообразных продуктов сгорания с воздухом несколько замедляет ее окалинообразование на углеродистых слоях. Наличие паров воды в газовой смеси приводит к тому, что при температурах, превышающих  $700$   $^{\circ}\text{C}$ , окисный слой

состоит только из FeO, и при  $650 - 1050^{\circ}\text{C}$  взаимодействие железа с  $\text{H}_2\text{O}$  проекает энергичнее, чем с атмосферой воздуха.

Для перехода от интегрального закона роста массы окисного слоя к закону роста его толщины можно воспользоваться соотношением [33]:

$$(\delta_o)^2 = k_n' t, \quad (5.15)$$

где  $k_n' = k_n (V_o / v_o A_o)^2$ ,  $V_o$  - объем окисла, приходящийся на 1 моль;  $A_o$  - атомный вес кислорода;  $v_o$  - число атомов кислорода в соответствующем окисле.

Из расчета по формуле (5.13) следует, что для определяющей реакции (5.11) при  $T = 1000^{\circ}\text{C}$   $k_n = 7.88 \cdot 10^{-7} \text{ г}^2/(\text{см}^4 \text{ с})$ . По таблицам работы [33] находим  $V_o / v_o A_o = 0,75$ . Тогда согласно (5.15)  $\delta_o = 0,08 \text{ см}$  при  $t = 3 \text{ часа}$ .

Таким образом, толщины окисных пленок, образующихся на поверхности соединительных элементов из стали, при пожаре относительно невелики, и для расчетов скорости окисления можно пользоваться зависимостями (5.13), (5.14). Это подтверждается результатами огневых теплотехнических испытаний фрагментов железобетонного перекрытия со стальной двутавровой балкой и конструктивной композиционной огнезащитой на основе базальтоволокнистых плит ПНТБ (см. рисунок 5.1).

Перемещение поверхности металла, вследствие окисления, согласно [32] рассчитывается по формуле:

$$(l)^2 = 2 k_c t. \quad (5.16)$$

Входящая в эту формулу константа скорости  $k_c$  определяется по известной константе скорости  $k_n'$  с помощью соотношения [32]:

$$k_c = \left( \frac{\bar{V}_m}{\bar{V}_o} \right)^2 k_n'; \quad (5.17)$$

где  $\bar{V}_m, \bar{V}_o$  - эквивалентные объемы металла и окалины, определяемые по таблицам работы [33].

Для учета переменности во времени температуры шпилечного соединения, определяемой из решения задачи (5.4) - (5.10), выражение (5.16) при расчетах следует использовать в дифференциальной форме:

$$v = \frac{dl}{dt} = \frac{k_c}{l}. \quad (5.18)$$

Текущие значения площади поперечного сечения шпильки рассчитываются по формуле:

$$S(t) = \pi(r_0 - \int_0^t v dt)^2; \quad (5.19)$$

Значение площади поперечного сечения в момент времени, соответствующий требуемому пределу огнестойкости, находится из (5.19) при  $t = \Pi_{\text{тр}}$ .

Решение трехмерного уравнения (5.4) с краевыми условиями (5.5) - (5.10) и замыкающими соотношениями (5.11) - (5.19) получено методом конечных разностей с использованием экономичных схем, описанных в работах [10, 11], опираясь на изложенную в этих работах общую теорию устойчивости вычислительного процесса. С этой целью уравнение (5.4) представлено в обобщенной форме:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = LT, \quad LT = \sum_{\alpha=1}^3 L_\alpha T, \quad (5.20)$$

где  $L_\alpha T = \frac{\partial}{\partial \bar{x}_\alpha} \left( k_\alpha(\bar{x}, t) \frac{\partial T}{\partial \bar{x}_\alpha} \right)$ ,  $0 < k_\alpha \leq c_\alpha$ ;  $x \in G$ ,  $t \in (0, \Pi_{\text{тр}})$ ,

$\bar{x}$  - безразмерные координаты ( $0 \leq \bar{x}_\alpha \leq 1$ ,  $\alpha=1,2,3$ ).

Если теперь расчетную область представить как куб  $G = G_{03}$ , выбрать кубическую сетку с шагом  $h$  по всем  $\bar{x}_\alpha - \bar{\omega}_h = \{(i_1 h_1, i_2 h_2, i_3 h_3) \in G\}$ , и сетку по времени с шагом  $\tau = \Pi_{\text{тр}} / n_0$  на отрезке  $0 \leq t \leq \Pi_{\text{тр}} - \bar{\omega}_\tau$ , то оператор  $L_\alpha T$  аппроксимируется разностным оператором:  $\Lambda_\alpha y = (a_\alpha y_{x_\alpha})_{x_\alpha}$ ,  $\Lambda = \sum_{\alpha=1}^3 \Lambda_\alpha$ ,  $0 < a_\alpha \leq$

$c_\alpha$ , и двухслойная разностная схема с весами [11] может быть представлена в виде:

$$y_t = \Lambda(\sigma\hat{y} + (1-\sigma)y), \quad (5.21)$$

$x \in \overline{\omega}_h, \quad 0 \leq t = n\tau < \Pi_{\text{тр}}.$

Схема (5.18), как показано в работе [11], устойчива по начальным данным  $y(x,0) = T_0(x)$  при  $\sigma \geq \frac{1}{2} - \frac{h^2}{4p\tau} = \sigma_0$ .

Полагая  $\sigma = 0$ , получим явную схему  $y_t = \Lambda y$  или  $\hat{y} = y + \tau \Lambda y$ , устойчивую при условии

$$\tau \leq 0,5h^2/(pc_\alpha). \quad (5.22)$$

Условие (5.22) является в рассматриваемом случае жестким, так как в расчетной области имеются подобласти с сильно меняющимися коэффициентами (сталь, теплоизоляция, бетон). Поэтому использование явной схемы в данном случае не экономично.

Неявная схема получается из (5.21) при  $\sigma = 1$ . Она устойчива при любых  $\tau$  и  $h$ . Для определения  $\hat{y}$  получаем задачу:

$$\hat{y} - \tau \Lambda \hat{y} = y. \quad (5.23)$$

Для решения этой системы, например, методом Гаусса требуется затратить  $O(1/h^{3p-2})$  действий [11]. Это количество действий больше, чем в случае явной схемы, но устойчивость последней достигается только при достаточно малом  $\tau$ .

В связи с изложенным при построении расчетного алгоритма целесообразно воспользоваться экономичной идеей, которую выражает неявная схема переменных направлений (продольно-поперечная схема). Согласно этой схеме, наряду с основными значениями искомой сеточной функции  $y(x, t)$ , то есть с  $y = y^n$  и  $\hat{y} = y^{n+1}$ , вводится промежуточное значение  $\bar{y} = y^{n+1/2}$ , ко-

торое можно формально рассматривать как значение  $y$  при  $t = t_{n+1/2} = t_n + \tau/2$ . Переход от слоя  $n$  к слою  $n + 1$  совершается в два этапа с шагом  $0,5 \tau$ :

$$\frac{y^{n+1/2} - y_n}{0.5\tau} = \Lambda_1 y^{n+1/2} + \Lambda_2 y^n; \quad (5.24)$$

$$\frac{y^{n+1} - y^{n+1/2}}{0.5\tau} = \Lambda_1 y^{n+1/2} + \Lambda_2. \quad (5.25)$$

Эти уравнения записываются для всех внутренних узлов  $x = x_i$  сетки  $\bar{\omega}_h$  и для всех  $t = t_n > 0$ . Первая схема неявна по направлению  $x_1$ , вторая схема явна по  $x_1$  и неявна по  $x_2$ . К уравнениям (5.24) и (5.25) добавляются соответствующие разностные краевые условия.

Для учета нелинейности уравнения (5.4), обусловленной зависимостью от температуры теплофизических характеристик материалов, на каждом временном слое организуется итерационный процесс. Для ускорения его сходимости использованы приемы, аналогичные описанным в работе [17].

Экспериментальная проверка полученного решения краевой задачи (5.4) - (5.10) проводилась путем сопоставления результатов численных расчетов с экспериментальными данными по изменению во времени температуры в характерных точках фрагмента бетонного покрытия с огнезащитой, испытанного на стенде лучистого нагрева [34]. Расчетные и экспериментальные значения температуры приведены на рисунке 5.3. Их удовлетворительное согласование подтверждает возможность практического использования разработанного алгоритма и программы расчета при оптимизации размеров шпилечного соединения композиционной огнезащиты с защищаемыми конструкциями.

На рисунках 5.4 и 5.5 приведены результаты параметрических расчетов температурных полей в зоне шпилечного соединения при различных диаметрах шпильки для стандартного температурного режима:  $T_f = 345 \lg(8t + 1) + 273$ , где  $T$  - температура, К;  $t$  - время, мин.

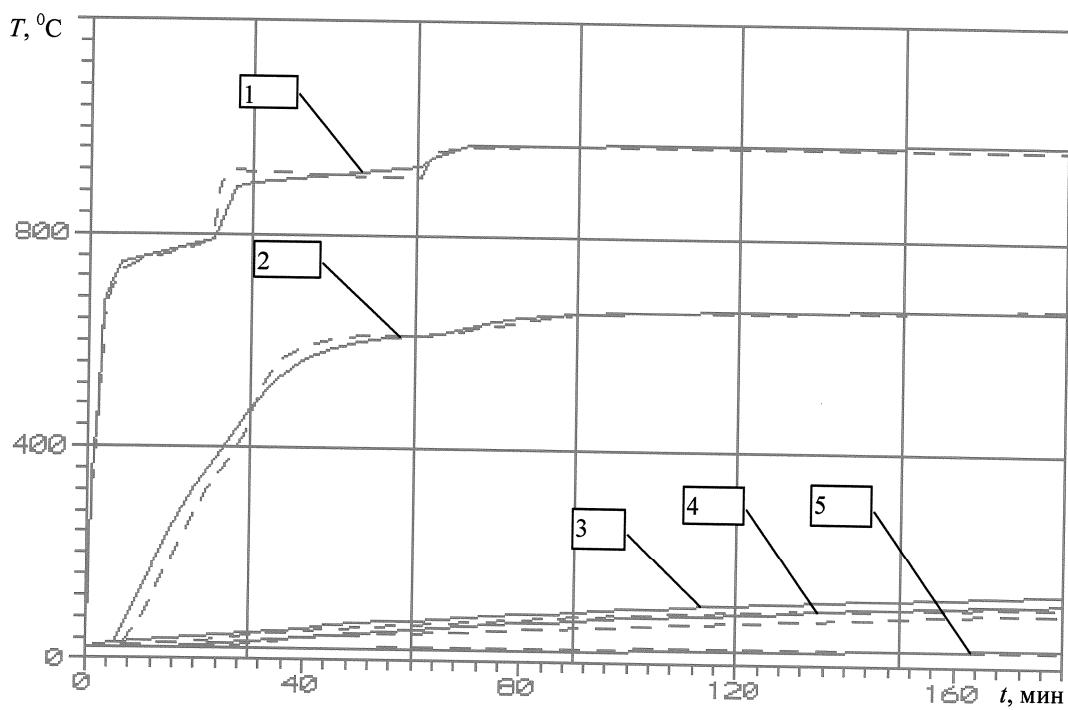
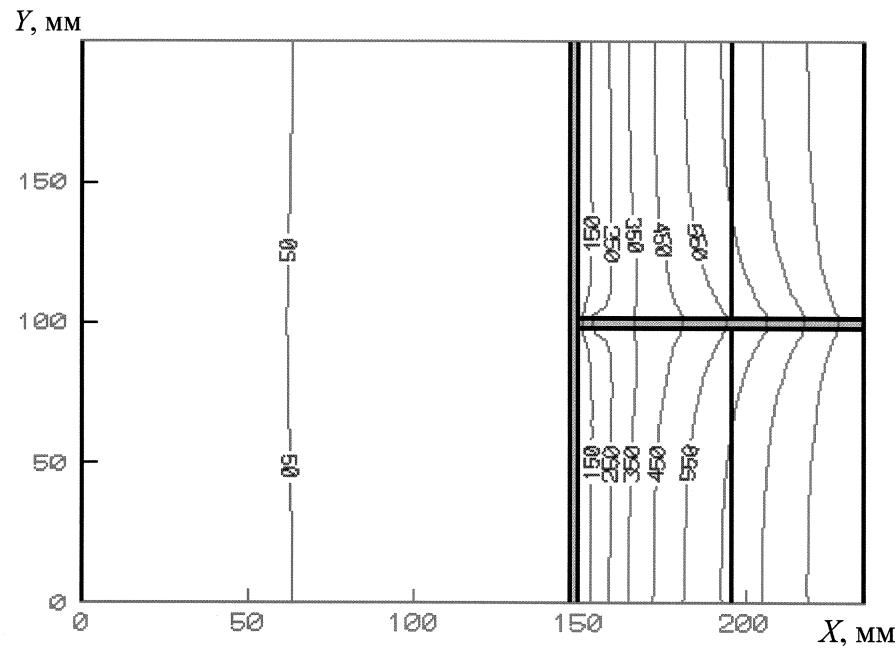
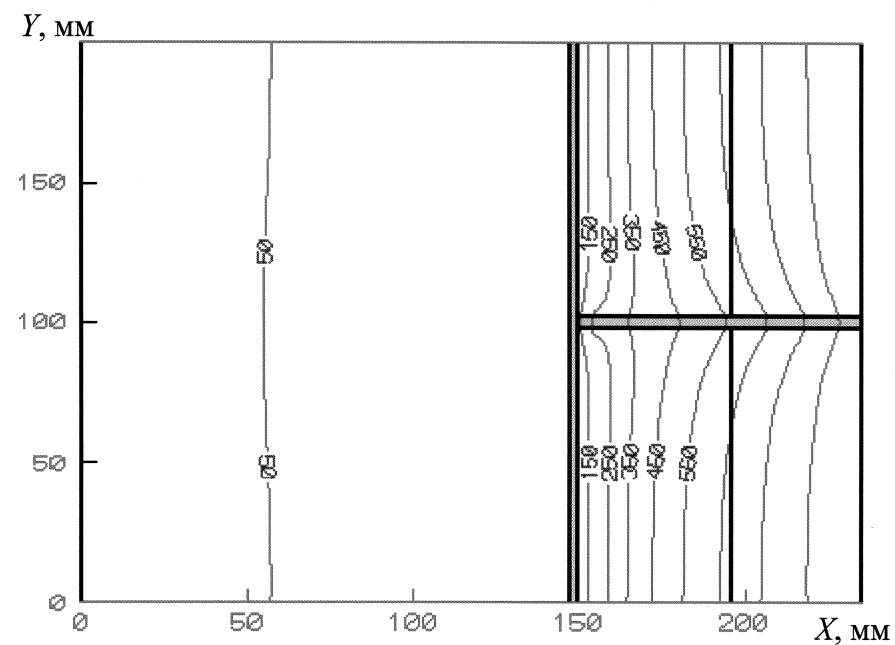


Рисунок 5.3 - Результаты расчета (—) и экспериментального определения (----) температуры фрагмента строительной конструкции из бетона на профилированном стальном листе: 1 - нагреваемая поверхность; 2 - граница между наружным и внутренним слоями композиционной огнезащиты; 3 - граница между огнезащитой и стальным листом в зоне присоединения к нему шпильки; 4 - то же, но вдали от шпильки; 5 - холодная поверхность испытуемого фрагмента строительной конструкции.

Показаны изотермы в момент времени 3 часа от начала теплового воздействия пламени на поверхность огнезащиты. Видно «выравнивающее» влияние высокотеплопроводной шпильки на температурное поле в рассматриваемой конструкции. Это влияние проявляется в снижении температуры вблизи нагреваемой поверхности и в повышении температуры в зоне присоединения шпильки к защищаемой конструкции. Влияние шпильки на температурное поле тем больше, чем больше ее диаметр. Поэтому для уменьшения нагрева защищаемой конструкции в зоне присоединения к ней шпилек следует стремиться к уменьшению их диаметра. Однако, при этом в качестве ограничения выступает условие прочности (5.2), учитывающее, в частности, уменьшение площади поперечного сечения шпильки за счет ее окисления.



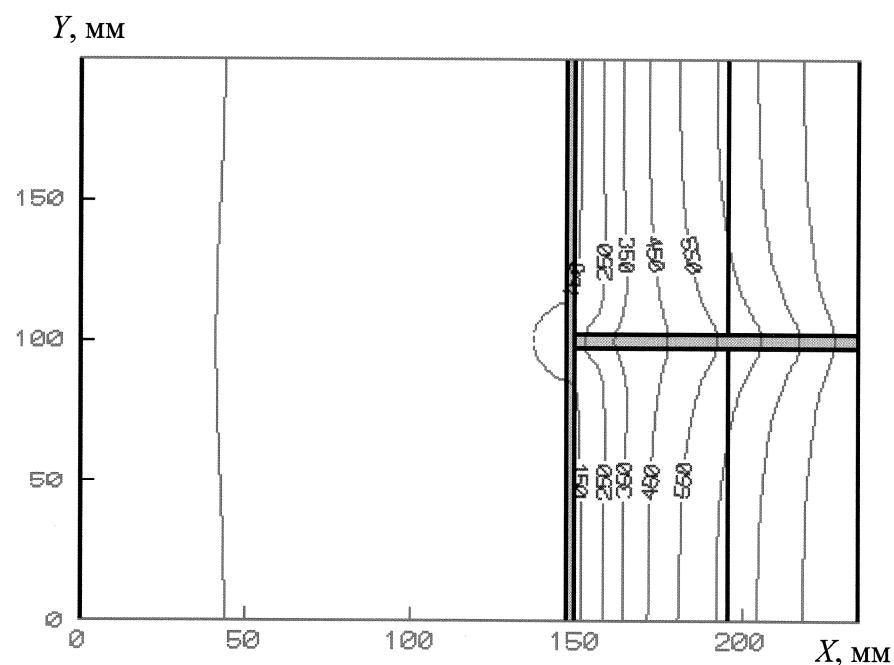
а)



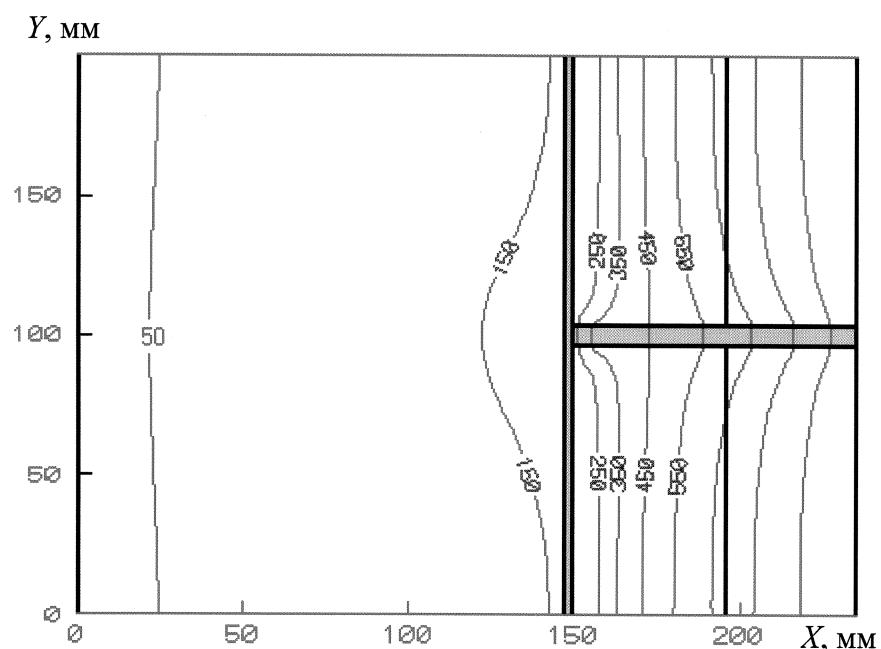
б)

Рисунок 5.4 - Результаты расчета температурных полей в зоне шпилечного соединения композиционной огнезащиты с защищаемой конструкцией при диаметре шпильки: а) 2 мм; б) 3 мм.

Цифры на изолиниях обозначают температуру в градусах Цельсия.



a)



б)

Рисунок 5.5 - Результаты расчета температурных полей в зоне шпилечного соединения композиционной огнезащиты с защищаемой конструкцией при диаметре шпильки: а) 5 мм; б) 8 мм.

Цифры на изолиниях обозначают температуру в градусах Цельсия.

Серия оптимизационных расчетов, проведенных с учетом критерия оптимальности (5.1), применительно к огнезащите, обеспечивающей предел огнестойкости конструкции не менее 3-х часов, выполненной на основе базальтоволокнистых (минераловатных) плит размерами 1200 x 1200 мм с толщиной 30-90 мм показала, что для ее крепления к защищаемым конструкциям следует использовать шпильки или самонарезающие винты диаметром 3 – 4 мм в количестве не менее 4 шт. на одну плиту. Кроме того, следует отметить что при указанных оптимальных диаметрах шпилек и самонарезающих винтов локальное повышение температуры металла защищаемой конструкции в их окрестности не приводит к потере конструкцией несущей способности.

## 6 Описание конструктивного исполнения разработанных типовых узлов противопожарной стены

Разрабатываемые на основе предлагаемых типовых узлов противопожарные стены и перегородки должны соответствовать предъявляемым к ним техническим требованиям, приведенным в главе 1.

Ограждающая часть противопожарных стен и перегородок изготавливается из панелей стеновых трехслойных с металлическими облицовками марки ПСТМ, выпускаемых Челябинским заводом ОАО «ЧПЗ-Профнастил» по ТУ 5284-183-01217836-2005.

Толщина панелей выбирается в зависимости от требуемого предела огнестойкости по критериям потери целостности и теплоизолирующей способности и составляет:

- для противопожарных стен 1-го типа (Е150) – 120 мм;
- для противопожарных стен 2-го типа и противопожарных перегородок (Е45 и ниже) – 60 мм.

Требуемый предел огнестойкости ограждающей части стены по критериям потери теплоизолирующей способности и целостности подтвержден стандартными огневыми испытаниями и полученными на основе их результатов Сертификатами пожарной безопасности.

Панели ПСТМ устанавливаются на несущем каркасе, образованном вертикальными элементами – стойками и закрепленными на них горизонтальными элементами – ригелями.

При установке панелей на несущий каркас рекомендуется применять горизонтальную раскладку панелей.

При горизонтальной раскладке панелей их крепление осуществляется к стойкам и ригелям с помощью самонарезающих винтов 5,5×90/160 мм типа «MAGE TOPEX». Вертикальныестыки торцов, за исключением зоны примыкания к наружным стенам, должны располагаться по осям стоек. В зоне при-

мыкания к наружным стенам торец крайней панели примыкает непосредственно к поверхности наружной стены или пересекает ее.

Конструктивное исполнение стыков панелей соответствует испытанному варианту. Для предотвращения раскрытия стыков панелей предусмотрена их дополнительная защита нащельниками. Нащельники изготавливаются из стали толщиной 0,6 мм. Пространство, ограниченное поверхностями нащельника и панелей заполняется муллитокремнеземистым материалом МКПР-130, выпускаемым ОАО «Уктус».

Следует отметить, что аналогичным образом должны защищаться стыки панелей в зоне их примыкания к наружным стенам, фундаменту и перекрытию (покрытию). Применяемые в данном случае нащельники должны иметь угловое исполнение и соответствовать углу примыкания. Зазор между торцом панелей и поверхностью конструкций, к которым они примыкают, также должен заполняться муллитокремнеземистым материалом МКПР-130.

Плотность примыкания панелей в зонах горизонтальных стыков обеспечивается конструктивным исполнением соответствующих краев панелей, образующих соединение по принципу шип-паз.

Вертикальные стыки панелей ПСТМ до установки на них нащельников следует уплотнять негорючей минеральной ватой с плотностью набивки 120 кг/м<sup>3</sup>.

Ширина нащельников выбирается из расчета прикрытия винтов крепления плюс запас равный 25 мм в каждую сторону за них. Следует также отметить что нащельниками описанной конструкции следует прикрывать и головки винтов крепления 5,5×90/160 мм типа «MAGE TOPEX» расположенных вне зон стыков панелей

Необходимость установки ригелей и крепления к ним панелей определяется расчетом (ветровая нагрузка).

Шаг установки стоек и ригелей не должен превышать 3500 мм.

Допускается конструктивное исполнение глухих перегородок высотой не более 3500 мм без несущего каркаса. В этом случае рекомендуется применять вертикальная раскладку панелей ПСТМ.

Крепление нащельников, осуществляется к стальной обкладке сэндвич-панелей с применением самонарезающих винтов с прессшайбой, устанавливаемых 3,5x12 с шагом 300 мм.

Крепление нащельников устанавливаемых в зонах примыкания к бетону осуществляется при помощи анкер-клиньев.

Открытые кромки сэндвич-панелей, выступающих за фасад и возвышающиеся над кровлей здания закрываются листовой сталью с применением герметика для того, чтобы препятствовать проникновению влаги в заполнитель панелей. Для этой цели следует стремиться применять тонкостенные стальные фасонные элементы, выпускаемые предприятием-изготовителем сэндвич-панелей.

Требуемый предел огнестойкости противопожарной стены по критерию потери несущей способности обеспечивается конструктивной огнезащитой стальных конструкций несущего каркаса. При этом можно выделить следующие типовые узлы:

- огнезащита стоек;
- огнезащита стоек в зоне примыкания противопожарной стены к наружной стене;
- огнезащита ригелей;
- огнезащита опорной плиты стоек.

В состав конструктивной огнезащиты входят следующие элементы:

- термостойкий теплоизолирующий слой;
- защитно-декоративный слой;
- элементы крепежа.

Термостойкий теплоизолирующий слой формируется из минераловатных плит Rockwool Conlit 150.. Толщина слоя определяется теплотехническими

ским расчетом и зависит от формы и размеров поперечного сечения защищаемой конструкции и требуемого предела ее огнестойкости.

Минераловатные плиты устанавливаются на поверхность защищаемой конструкции в соответствии с учетом рекомендаций предприятия-изготовителя. Крепление минераловатных плит к поверхности защищаемой конструкции и в зонах примыкания осуществляется при помощи клея Conlit Glue и механическим способом с применением стальных шпилек и самонарезающих винтов. Необходимость механического крепления минераловатных плит обусловлена требованием предотвращения преждевременного разрушения огнезащиты со стороны пожара при обрушении части здания.

По этой же причине предложено защитно-декоративный слой изготавливать из листовой стали толщиной 0,6 мм.

В конструкции огнезащиты ригелей крепление минераловатной плиты, устанавливаемой по короткой стороне, допускается путем приклеивания к поверхности защищаемой конструкции. При этом крепление плит по двум смежным сторонам должно осуществляться при помощи шпилек с шайбами.

Оригинальное крепление минераловатных плит в зоне полостей осуществляется на стальные полосы с сечением 3x20 мм, приваренные к защищаемой конструкции и располагаемые по защищаемому периметру.

Элементы крепежа огнезащиты применяются шпильки с шайбами. Шпильки изготавливаются из стальной проволоки Ø3 мм. Они снабжены заостренным концом и на расстоянии 10 мм от него – расплощенным участком. При установке минераловатная плита насаживается на шпильки до упора в защищаемую конструкцию и фиксируется шайбами. Для фиксации плиты шайбы продвигаются по шпильке за расплощенный участок и фиксируются поворотом на 90°. Выступающий конец шпильки после фиксации шайбы загибается до плотного прилегания к ней. Шпильки крепятся к поверхности защищаемой конструкции или к стальным полосам посредством контактной или электродуговой сварки.

Защитно-декоративный слой устанавливается после фиксации минераловатных плит. Он плотно прилегает к поверхности термостойкого теплоизолирующего слоя и прикрываетстыки в зонах примыкания минераловатных плит к сэндвич-панелям и смежным строительным конструкциям (фундаменту, перекрытию, наружным стенам). Крепление защитно-декоративного слоя осуществляется к защищаемой конструкции и смежным конструкциям. Крепление осуществляется с применением самонарезающих винтов. Для крепления к бетону применяются специальные винты марки.

Диаметры и расположение шпилек и винтов крепления огнезащиты стальных несущих конструкций выбраны на основании материала изложенного в главе 5 настоящей Пояснительной записи.

Огнезащита железобетонных стоек должна осуществляться необходимой для обеспечения заданного предела огнестойкости толщиной бетона над арматурой. Крепление сэндвич-панелей к железобетонным стойкам необходимо выполнять с применением анкерных болтов.

Более детальная информация по конструктивному исполнению типовых узлов противопожарных стен и перегородок содержится в комплекте, приведенном в приложении.

## Заключение

1. Ограждающая часть противопожарных стен I типа (предел огнестойкости EI 150) изготавливаются из стеновых сэндвич-панелей марки ПСТМ по ТУ 5284-183-01217836-2005 толщиной 120 мм.
2. Ограждающая часть противопожарных стен II типа и противопожарных перегородок I типа (предел огнестойкости EI 45) изготавливаются из стеновых сэндвич-панелей марки ПСТМ по ТУ 5284-183-01217836-2005 толщиной 60 мм.
3. Применяется горизонтальная раскладка панелей. Крепление панелей осуществляется к стальным несущим конструкциям с помощью самонарезающих винтов  $5,5 \times 90/160$  мм типа «MAGE TOPEX». Шаг установки винтов, а также необходимость расположения стальных ригелей в местах продольных стыков определяется расчетом для случая совместного действия на стену тепловых и механических нагрузок в условиях обрушения части здания со стороны пожара.
4. Места расположения стыков вместе с винтами крепления панелей прикрываются нащельниками с заполнением пространства, ограниченного поверхностями нащельника и панелей, муллитокремнеземным материалом МКРР-130, выпускаемым ОАО «Уктус», толщиной 25 мм.
5. Требуемые пределы огнестойкости стальных конструкций по критерию потери несущей способности обеспечиваются конструктивной огнезащитой, состоящей из термостойкого теплоизолирующего слоя, защитно-декоративного слоя и элементов крепежа.
6. Термостойкий теплоизолирующий слой огнезащиты формируется из минераловатных плит Rockwool Conlit 150 толщина которых зависит от приведенной толщины металла защищаемой конструкции и определяется тепло-техническим расчетом на основе математической модели, настроенной по результатам огневых испытаний.

7. Защитно-декоративный слой изготавливается из листовой оцинкованной стали толщиной 0,5 – 0,7 мм. Допускается нанесение на наружную поверхность полимерного покрытия, применяющегося в отделке сэндвич-панелей марки ПСТМ по ТУ 5284-183-01217836-2005.

8. Крепление минераловатных плит осуществляется при помощи стальных шпилек Ø3, приваренным к металлу защищаемой конструкции или к стальным полосам 2x30 мм, проложенным по габаритам сечения защищаемой конструкции и являющимся опорой для минераловатных плит в местах расположения воздушных полостей.

9. Крепление элементов защитно-декоративного слоя осуществляется при помощи самонарезающих винтов к полосам 2x30 мм, приваренным к металлу защищаемой конструкции, и к стальной обшивке, примыкающей к

10. Огнезащита железобетонных стоек должна осуществляться необходимой для обеспечения заданного предела огнестойкости толщиной бетона над арматурой.

11. Разработан комплект чертежей, содержащий детальную информацию по конструктивному исполнению типовых узлов противопожарных стен и перегородок.

12. Класс конструктивной пожарной опасности противопожарных стен и перегородок К0 определяется:

- применением в их конструкции и в производстве сэндвич-панелей марки ПСТМ по ТУ 5284-183-01217836-2005 основных материалов, характеризующихся группой горючести НГ;

- применением негорючих материалов в огнезащите несущих стальных конструкций.

14. При проектировании противопожарных стен и перегородок на основе разработанных типовых узлов следует учитывать требования Федерального закона №123-ФЗ и нормативных документов, предъявляемые к конструкции стены в целом.

## Литература

1. Федеральный закон №123-ФЗ от 22.07.2008 г. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
2. СП 2.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты.
3. ГОСТ 30403-96. Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности.
4. ГОСТ 30402-96. Материалы строительные. Метод испытаний на воспламеняемость.
5. ГОСТ 30244-94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.
6. ГОСТ 30247.1-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции.
7. ГОСТ 30247.0-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования.
8. Страхов В.Л., Крутов А.М., Давыдкин Н.Ф. Огнезащита строительных конструкций / Под ред. Ю.А. Кошмарова. – М.: Информационно-издательский центр «ТИМР», 2000 – 433 с. (Руководство по пожарной безопасности подземных сооружений: В 5 т.; Т. 2).
9. Проведение научных исследований и разработка типовых конструкций средств огне- и теплозащиты резервуаров для хранения сжиженных углеводородных газов на автомобильных газозаправочных станциях / Итоговый научно-технический отчет (договор с Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере № 2276р/4390 от 20 февраля 2004г.) Проект № 4390. – М.: ЗАО «Теплоогнезащита», 2005. – с. 121.
10. Годунов С.К., Рябенький В.С. Разностные схемы (введение в теорию). – М.: Наука, 1977. – 440 с.
11. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем. – М.: Наука, 1971. – 552 с.

12. Страхов В.Л., Гаращенко А.Н., Рудзинский В.П. Программный комплекс для расчетов нестационарных температурных полей в конструкциях с водосодержащей огнезащитой на неорганической основе (ОГНЕЗАЩИТА, версия ВН.1). – НИИЦ ПС «КУРС» МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. - 23 с.
13. Страхов В.Л., Гаращенко А.Н., Кузнецов Г.В., Рудзинский В.П. Высокотемпературный тепломассоперенос в слое влагосодержащего огнезащитного материала // Термофизика высоких температур. – 2000, Т. 38, № 6. С. 958-962.
14. Страхов В.Л., Гаращенко А.Н., Крутов А.М. и др. Оптимизация огнезащиты строительных конструкций // Пожаровзрывобезопасность, 1997. № 1. – С.26 – 35.
15. Страхов В.Л., Гаращенко А.Н., Крутов А.М., Давыдкин Н.Ф. Расчет требуемых толщин огнезащиты по результатам ее огневых испытаний // Проблемы горения и тушения пожаров на рубеже веков. Материалы XV научно-практической конференции, ч. 3, 1999. – С. 75 – 82.
16. Страхов В.Л., Крутов А.М., Гаращенко А.Н., Давыдкин Н.Ф. Огнезащита в строительстве: новые методы расчета и проектирования // Пожаровзрывобезопасность, № 3, 2001. – С. 10 – 12.
17. Страхов В.Л, Гаращенко А.Н., Рудзинский В.П. Математическое моделирование работы и определение комплекса характеристик вспучивающейся огнезащиты // Пожаровзрывобезопасность. - № 3, 1997 – С.21-30.
18. Страхов В.Л., Гаращенко А.Н., Крутов А.М., Давыдкин Н.Ф. Расчет требуемых толщин огнезащиты по результатам ее огневых испытаний // Проблемы горения и тушения пожаров на рубеже веков. Материалы XV научно-практической конференции, ч. 3; Сб. науч. тр.– Из-во ВНИИПО, 1999.–С. 75-83.
19. Гаращенко А.Н., Страхов В.Л., Рудзинский В.П., Рыжков А.А. Апробирование методики расчетов вспучивающейся огнезащиты

строительных конструкций на примере покрытия Хенсотерм 4 КС // Пожаровзрывобезопасность, № 5, 1999. С. 16 – 25.

20. Гаращенко А.Н., Страхов В.Л., Устрихов А.И. Результаты исследований и расчетов вспучивающегося огнезащитного покрытия «ПРОТЕРМ СТИЛ» // Пожары и окружающая среда. Материалы XVII научно-практической конференции. – М.: Изд-во ВНИИПО, 2002. – С. 253-255.

21. Гаращенко А.Н., Страхов В.Л., Рудзинский В.П., Гаращенко Н.А. Экспериментальные и теоретические исследования особенностей тепломассопереноса во вспучивающейся огнезащите на примере покрытия ПРОТЕРМ СТИЛ // Труды Третьей Российской национальной конференции по теплообмену. Интенсификация теплообмена. Радиационный и сложный теплообмен. Т. 6. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. - С. 254-257.

22. Давыдкин Н.Ф., Кривошеев И.Н., Страхов В.Л. и др. Расчет прогрева в условиях пожара железобетонных конструкций подземных сооружений// Пожаровзрывобезопасность, №3,1996. – С.15-22.

23. Valery L. Strakhov, Anatoly N. Garaschenko. Modeling of composite fire protection and optimization of its composition and structure/ Fire-and-explosion hazard of substances and venting of deflagrations – Proceedings of the first International Seminar, Moscow, 1995. – p. 466 – 476.

24. Strakhov V.L., Garashchenko A.N., Krutov A.M., Davydkin N.F. Optimization of Fire Protection for Building Structures for Underground Facilities / Fire – and – Explosion Hazard of Substances and Venting of Deflagrations – Proceedings of the Second International Seminar. – Moscow, 1997. – p. 721 – 730.

25. Страхов В.Л., Гаращенко А.Н., Рудзинский В.П. Математическое моделирование работы огнезащиты, содержащей в своем составе воду // Пожаровзрывобезопасность, 1998, № 2.

26. Страхов В.Л., Гаращенко А.Н., Рудзинский В.П. Математическое моделирование процесса работы тепло-огнезащиты из водосодержащих

материалов // Вопросы оборонной техники. Сер.15. Вып.2 (119). – 1998. – С. 6 – 12.

27. *Страхов В.Л., Гаращенко А.Н., Каледин Вл.О., Рудзинский В.П.*

Моделирование работы теплоогнезащиты с учетом процессов термического разложения, испарения – конденсации, неодномерного тепломассопереноса и вспучивания / Свободная конвекция. Тепломассообмен при химических превращениях: Труды Второй Российской национальной конференции по теплообмену. Т. 3. – М.: Изд-во МЭИ, 1998. – С. 277 – 280.

28. *V.L. Strakhov, A.M. Krutov, Vl.O. Kaledin, N.F. Davidkin.* Fire-resistance estimation and flexible design of fire protection for buildings and structures using computer modeling // 3<sup>rd</sup> International Seminar on Fire and Explosion Hazards. April 10<sup>th</sup> 2000. Lake Windermere, English Lake District, UK. University of Central Lancashire. 2000.

29. Литовский Е.Я., Пучкелевич Н.А. Термофизические свойства огнеупоров. – М.: Металлургия, 1982. – 152 с.

30. Официальный сайт компании Rockwool. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.rockwool.ru/>.

31. *Страхов В.Л., Гаращенко А.Н., Крутов А.М.* Комбинированная огнезащита // Еврострой. – 1998, № 2. С. 24-25.

32. Биркс Н., Майер Дж. Введение в высокотемпературное окисление металлов. – М.: Металлургия, 1987. – 184 с.

33. Кубашевский О., Гопкинс Б. Окисление металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1965. – 428 с.

34. *Страхов В.Л. и др.* Некоторые результаты исследований легкой огнезащиты из термостойких базальтоволокнистых материалов на повышенные пределы огнестойкости / *Страхов В.Л., Гаращенко А.Н., Крутов А.М., Бобришов В.М., Давыдкин Н.Ф.* // Альм.: Проблемы развития транспортных и инженерных коммуникаций. М.: ТИМР, 1997. №1 – С. 51 – 58.

## **Приложение**

## Ведомость чертежей

| Лист | Наименование  | Примечание |
|------|---|------------|
| 1    | Ведомость чертежей. Общие данные.   |            |
| 2    | Стальные стойки. Расположение крепежных элементов. Расположение огнезащиты.   |            |
| 3    | Стальные стойки в зоне примыкания к ж/б наружной стене. Расположение крепежных элементов. Расположение огнезащиты.                          |            |
| 4    | Ригели. Стальной профиль по ГОСТ 8240-89 и ТУ 112000-001-12586100-2003 с изм. 1. Расположение крепежных элементов. Расположение огнезащиты. |            |
| 5    | Ригели. Стальной профиль по ГОСТ 30245-2003 С-235. Расположение крепежных элементов. Расположение огнезащиты.                               |            |
| 6    | Зона примыкания к фундаменту. Огнезащита опорной плиты. Расположение крепежных элементов. Расположение огнезащиты.                          |            |
| 7    | Ограждающая часть стен. Зона горизонтального стыка.   |            |
| 8    | Детали крепежа МС3, МС4.  |            |
| 9    | Зона примыкания панелей ПСТМ к фундаменту. Расположение огнезащиты.   |            |

### Общие данные

- Настоящий комплект чертежей содержит технические решения по конструктивному исполнению типовых узлов противопожарных стен и перегородок, обеспечивающие требуемые нормативными документами показатели пожарной безопасности.
- Противопожарные стены и перегородки должны удовлетворять следующим требованиям:
  - предел огнестойкости противопожарных стен 1 типа не менее RE150;
  - предел огнестойкости противопожарных стен 2 типа и противопожарных перегородок 1 типа не менее RE45;
  - класс конструктивной пожарной опасности КО.
- Конструкции противопожарных стен и перегородок должны соответствовать техническим требованиям, приведенным в Пояснительной записке к данному комплекту чертежей.
- Ограждающая часть противопожарных стен и перегородок формируется из стеклоблоков сэндвич-панелей ПСТМ ТУ 5284-183-01217836-2005 ОАО "ЧЗПСН-Профнастайл" следующих толщин:
  - не менее 120 мм для стен 1 типа;
  - не менее 60 мм для стен 2 типа и перегородок 1 типа.
- Защита зон вертикальных и горизонтальных стыков панелей ПСТМ осуществляется нащельниками, установленными поверх мультикорицневого материала МКРР-130 толщиной 25 мм.
- Соответствие конструкции ограждающей части противопожарных стен и перегородок требованиям по огнестойкости по критериям потери целостности и теплоизолирующей способности подтверждается Сертификатом пожарной безопасности, полученным по результатам огневых испытаний.
- Стеклоблоки устанавливаются на несущих стальных конструкциях, огнестойкость которых по критерию потери несущей способности обеспечивается конструктивной огнезащитой.
- Огнезащита стальных конструкций состоит из теплоизолирующего и защитно-декоративного слоев.
- Теплоизолирующий слой формируется из минераловатных плит Rockwool Conlit 150.
- В качестве защитно-декоративного слоя используется лист стальной оцинкованный толщиной от 0,5 до 0,7 мм ГОСТ 14918-80. Допускается использовать холоднокатанную оцинкованную тонколистовую сталь с защитно-декоративным лакокрасочным покрытием ГОСТ 30246.
- В соответствии с СТО 36554501-006-2006 огнезащита ж/б колонн обеспечивается толщиной бетона над стальной арматурой.
- Для крепления панелей ограждающей части стены к ж/б стойке применять анкера HSA марки HILTI в соответствии с руководством по анкерному креплению.
- Толщина теплоизолирующего слоя огнезащиты стальных конструкций определена по результатам огневых испытаний или расчетом. Достоверность результатов расчета подтверждается удовлетворительной согласованностью с

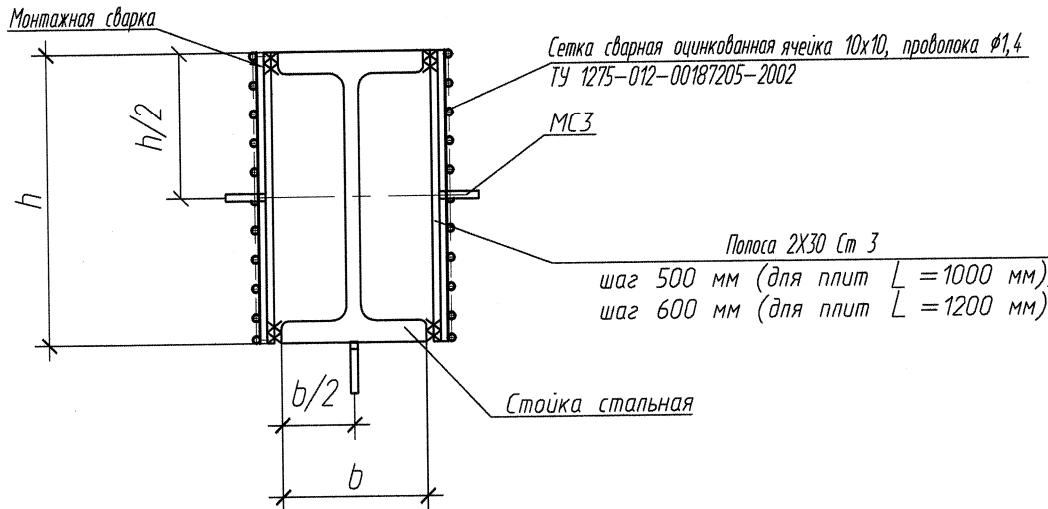
результатами испытаний.

13. Соответствие конструкции типовых узлов противопожарных стен и перегородок классу конструктивной пожарной опасности КО обеспечивается применением негорючих материалов.

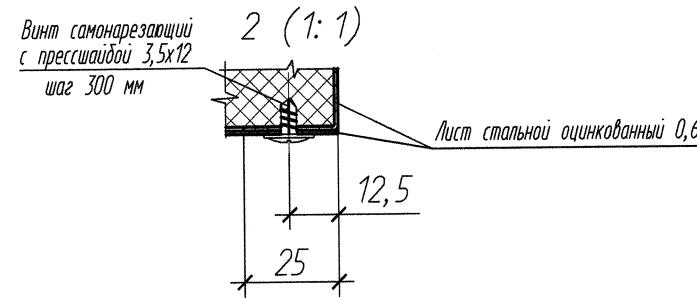
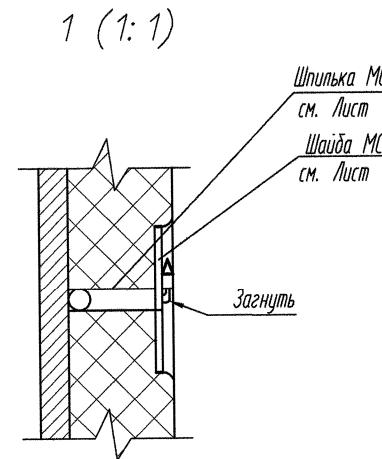
14. Результаты расчетов толщин огнезащиты и описание конструктивного исполнения типовых узлов приведены в Пояснительной записке к данному комплекту чертежей.

| ОАО "ЧЗПСН-Профнастайл"   |         |            |         |                          |
|---|---------|------------|---------|--------------------------|
| Типовые узлы противопожарных стен и перегородок на основе сэндвич-панелей ПСТМ с утеплителем из минераловатных плит |         |            |         |                          |
| Изм. Кол. уч.   | Лист    | № док.     | Подпись | Дата                     |
| Рук.проекта   | Страхов | 05/05/2011 |         |                          |
| Разраб.   | Заикина | Заикин     |         |                          |
| Проверил  | Заикин  | Заикин     |         |                          |
| Н.контроль  | Заикин  | Заикин     |         |                          |
|   |         |            |         | 1 9                      |
|   |         |            |         | ЗАО<br>"Теплоогнезащита" |

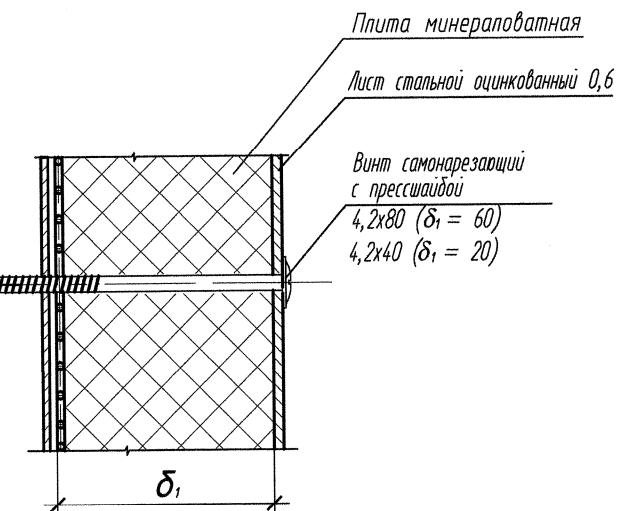
### Расположение крепежных элементов



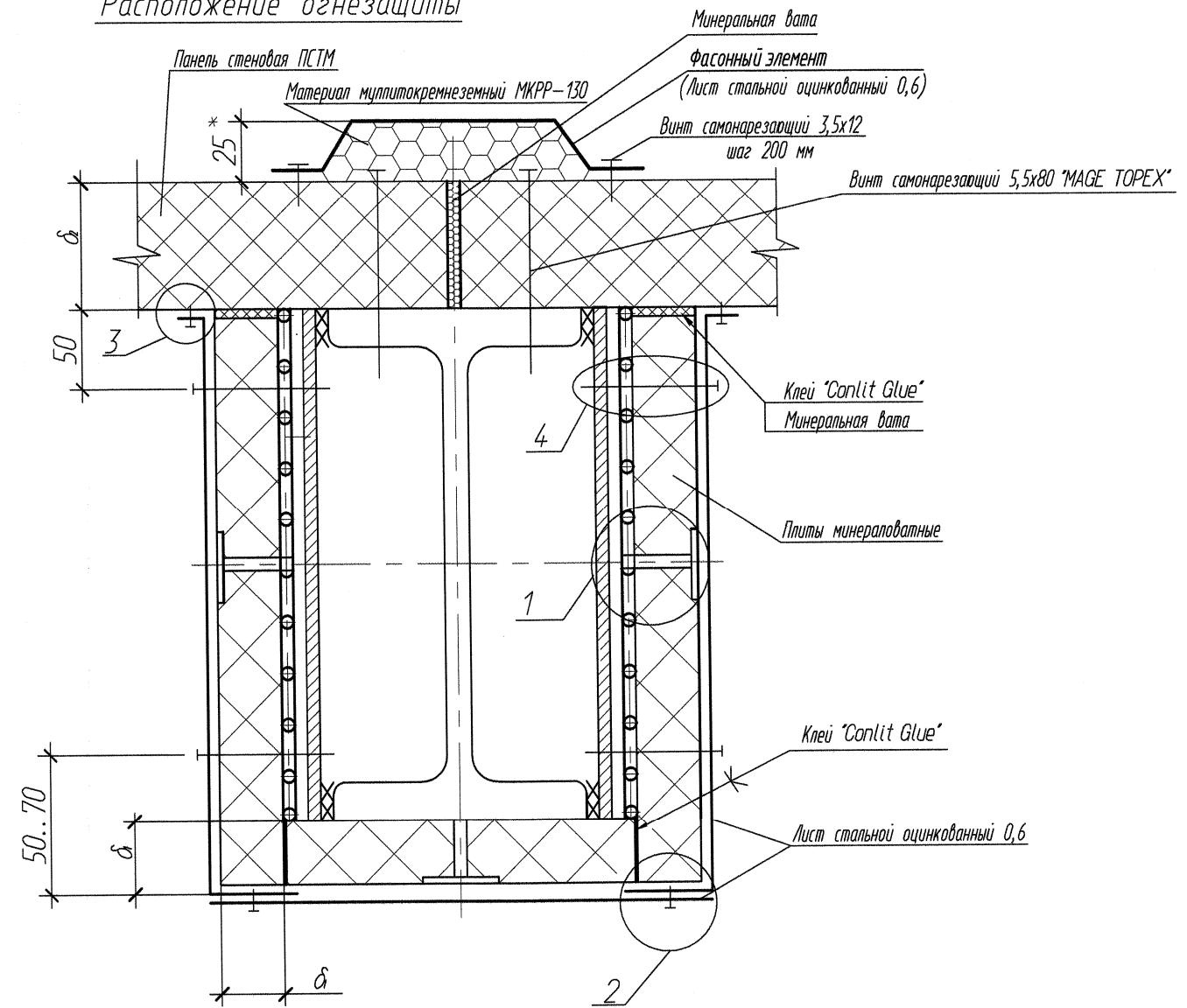
| Номер профиля<br>СТО 20-93 | Размеры, мм |     |     |     | $\delta_1$ , мм |
|----------------------------|-------------|-----|-----|-----|-----------------|
|                            | $h$         | $b$ | $s$ | $t$ |                 |
| 20Ш1                       | 194         | 150 | 6   | 9   | 20              |
| 25Ш1                       | 244         | 175 | 7   | 11  | 60              |
| 30Ш1                       | 294         | 200 | 8   | 12  |                 |



4 (1:1)



### Расположение огнезащиты



- 1.\* Размер для справок.
2. Размер  $\delta$  в соответствии с п.4 Лист 1.
3. Соединение шпилек МС3 с полосой 2Х30 – контактная сварка.
4. Крепежные изделия МС см. на листе 8.
5. Соединение полосы и защищаемой стальной конструкции производится дуговой сваркой, шов  $K_f=3$  мм. Сварка монтажная.
6. Допускается приваривать шпильки МС3 к металлу защищаемой конструкции. Сварка монтажная.
7. Фиксацию сетки стальной осуществлять с помощью винтов самонарезающих 3,5x12 с пресс-шайбами.

ОАО "ЧЗПСН-Профнастайл"

Типовые узлы противопожарных стен и перегородок на основе сэндвич-панелей ПСТМ с утеплителем из минераловатных плит

| Изм. Кол.уч. | Лист    | №док. | Подпись | Дата     |
|--------------|---------|-------|---------|----------|
| Рук.проекта  | Страхов |       |         | 05.05.11 |
| Разраб.      | Заикина |       | Заикин  |          |
| Проверил     | Заикин  |       | Заикин  |          |
| Н.контроль   | Заикин  |       | Заикин  |          |

Стальные стойки

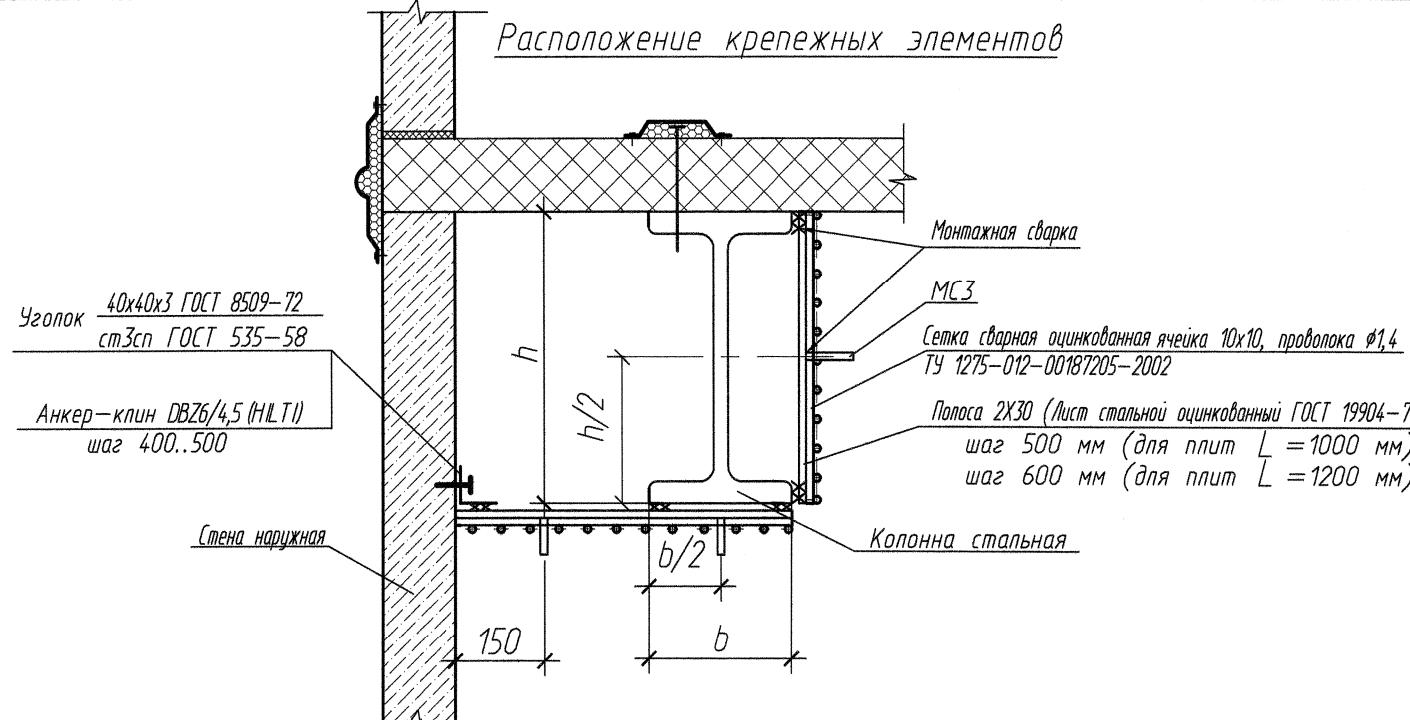
Стадия

2

Расположение крепежных элементов.  
Расположение огнезащиты.

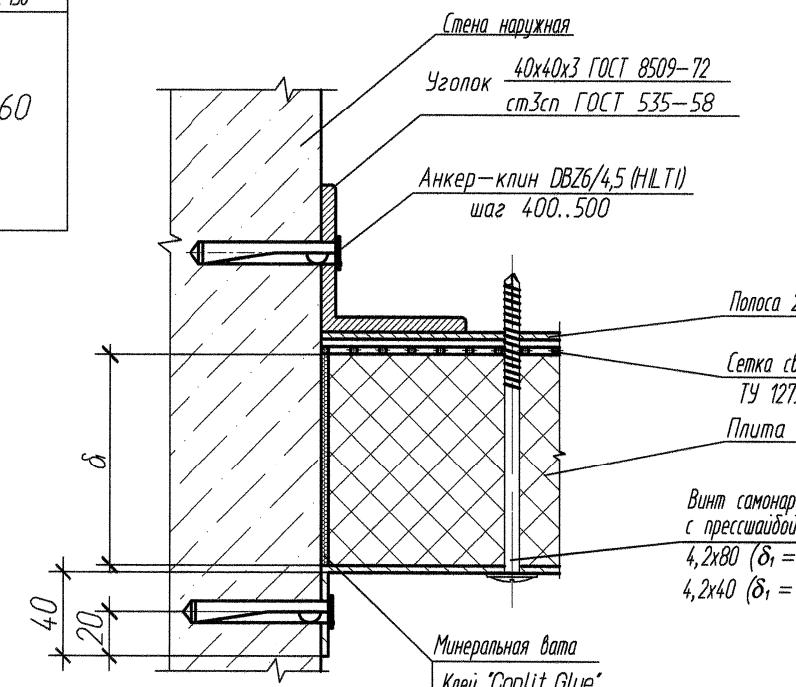
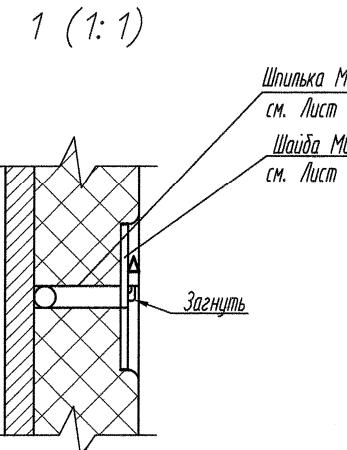
ЗАО  
"Теплоогнезащита"

## Расположение крепежных элементов

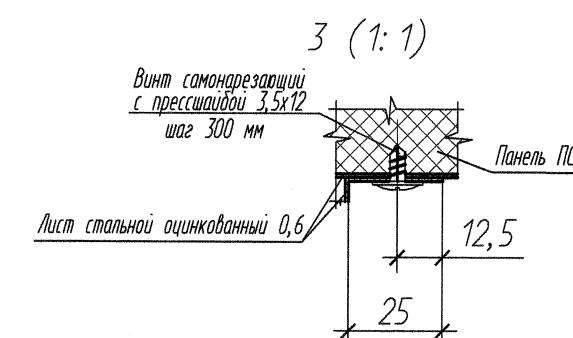
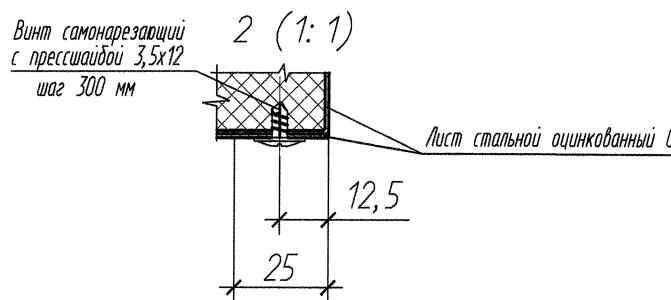


4 (1:2)

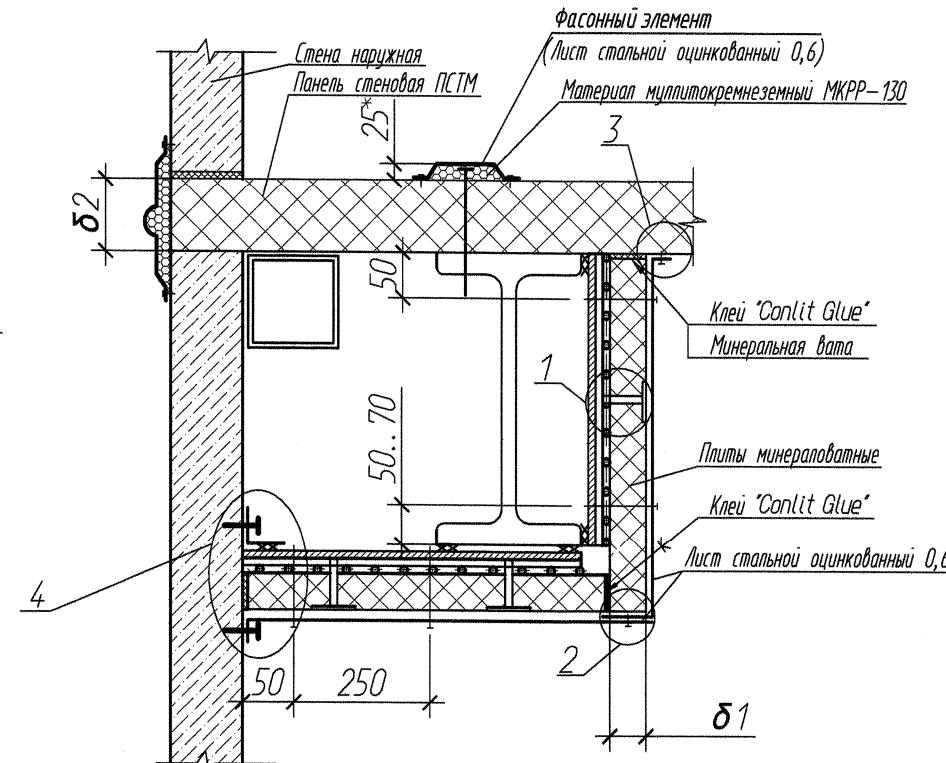
| Номер профиля<br>СТ0 20-93 | Размеры, мм |     |     |     | $\delta_1$ , мм |       |
|----------------------------|-------------|-----|-----|-----|-----------------|-------|
|                            | $h$         | $b$ | $s$ | $t$ | R 45            | R 150 |
| 20Ш1                       | 194         | 150 | 6   | 9   | 20              | 60    |
| 25Ш1                       | 244         | 175 | 7   | 11  |                 |       |
| 30Ш1                       | 294         | 200 | 8   | 12  |                 |       |



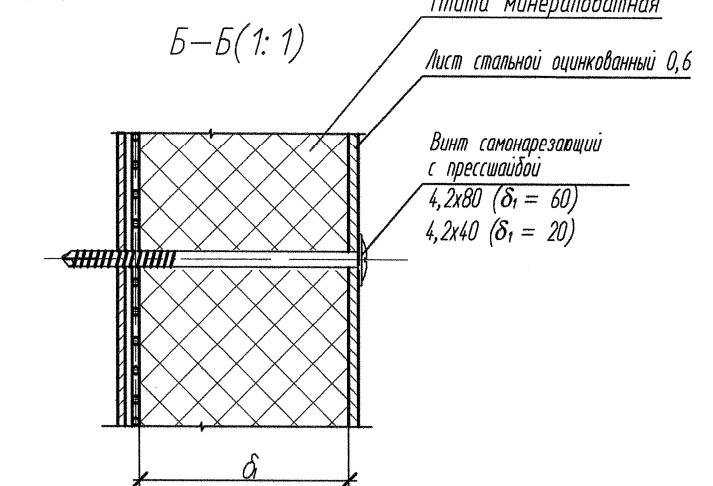
Полоса 2Х30 Ст 3



### Расположение огнезащиты



5-5(1: 1)



- 1.\* Размер для справок.
  2. Размер  $\delta$  в соответствии с п.4 Лист1.
  3. Соединение шпилек МС3 с полосой 2Х30 – контактная сварка.
  4. Крепежные изделия МС см. на листе 8.
  5. Соединение полосы и защищаемой стальной конструкции производится дуговой сваркой, шов  $Kf=3$  мм. Сварка монтажная.
  6. Допускается приваривать шпильки МС3 к металлу защищаемой конструкции. Сварка монтажная.
  7. После установки шайбы МС4 шпильку МС3 зاغнуть.
  8. Крепление к ж/б стене осуществлять с помощью анкеров. Установку анкеров выполнять согласно руководству по анкерному креплению фирм-производителей.

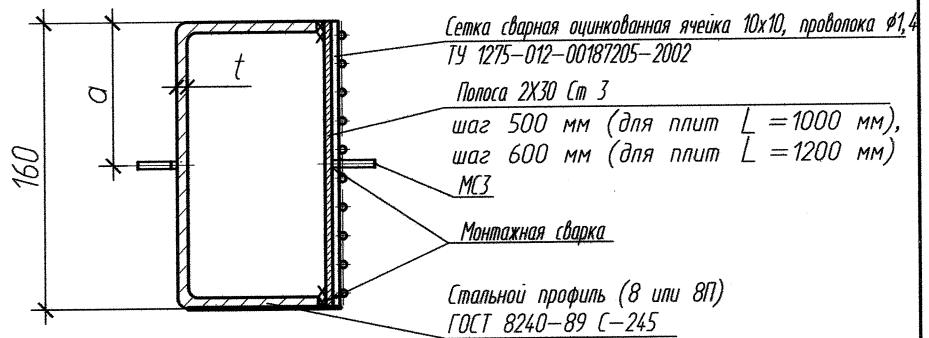
ОАО "ЧЗПСН-Профнастип"

## Типовые узлы противопожарных стен и перегородок на основе сэндвич-панелей ПСТМ с утеплителем из минераловатных плит

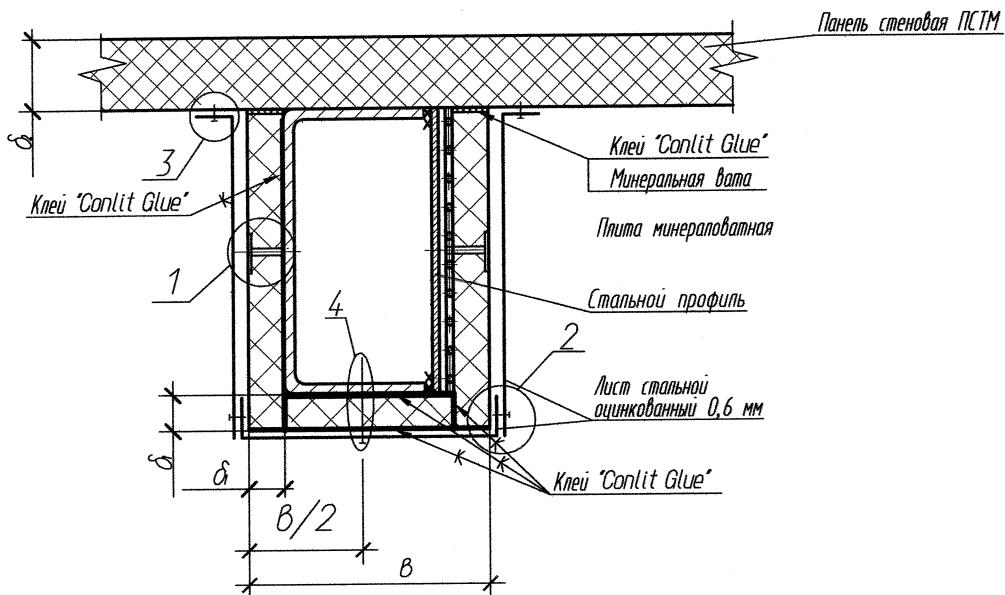
|              |         |       |         |      |   |
|--------------|---------|-------|---------|------|---|
|              |         |       |         |      | ОАО "ЧЗПСН-Профнастил"  |
|              |         |       |         |      |   |
| Изм. Кол.уч. | Лист    | №док. | Подпись | Дата | Типовые узлы противопожарных стен и перегородок на основе сэндвич-панелей ПСТМ с утеплителем из минераловатных плит |
| Рук.проекта  | Страхов |       |         |      | Стадия  |
| Разраб.      | Заикина |       |         |      | Лист  |
| Проверил     | Заикин  |       |         |      | Листов  |
| Н.контроль   | Заикин  |       |         |      |   |

## Расположение крепежных элементов

| $t$ | R 45     |     | R 50     |     |
|-----|----------|-----|----------|-----|
| мм  | $\delta$ | $a$ | $\delta$ | $a$ |
| 2   | 60       | 110 |          |     |
| 3   | 30       | 90  | 100      | 130 |
| 4   | 20       | 90  |          |     |
| 5   |          |     |          |     |



## Расположение огнезащиты



- Соединение шпилек МС3 с полосой 2Х30 – контактная сварка.
- Крепежные изделия МС см. на листе 8.
- Соединение полосы и защищаемой стальной конструкции производится дуговой сваркой, шов  $Kf=3$  мм. Сварка монтажная.
- Допускается приваривать шпильки МС3 к металлу защищаемой конструкции. Сварка монтажная.
- Размер  $\delta$  в соответствии с п.4 Лист1.
- Выносные элементы 1 – 4 на листе 6.

ОАО "ЧЗПСН-Профнастип"

Типовые узлы противопожарных стен и перегородок на основе сэндвич-панелей ПСТМ с утеплителем из минераловатных плит

| Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. №     |
|--------------|----------------|------------------|
|              |                |                  |
|              |                |                  |
|              |                |                  |
| Иzm. Кол.уч. | Лист           | №док.            |
| Рук.проекта  | Страхов        | Подпись<br>05.11 |
| Разраб.      | Заикина        | Заяк             |
| Проверил     | Заикин         | Заяк             |
| Н.контроль   | Заикин         | Заяк             |

Ригепи.  
Стальные профили по ГОСТ 8278-83,  
ТУ 112000-001-12586100-2003 с изм. 1

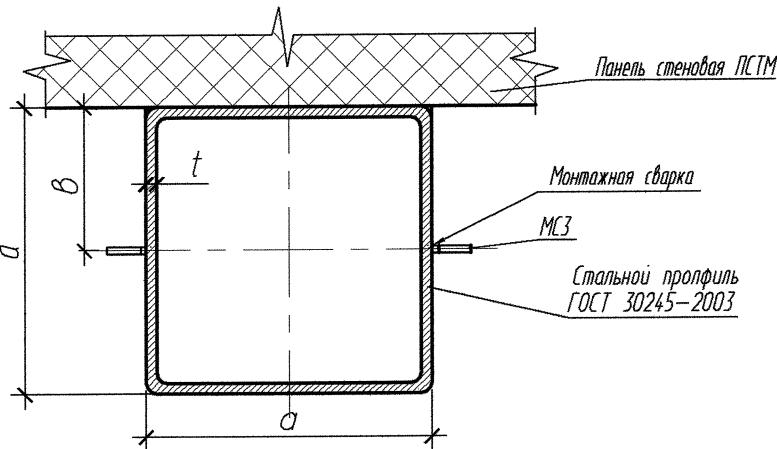
Расположение крепежных элементов.  
Расположение огнезащиты.

| Стадия | Лист | Листов |
|--------|------|--------|
|        | 4    |        |

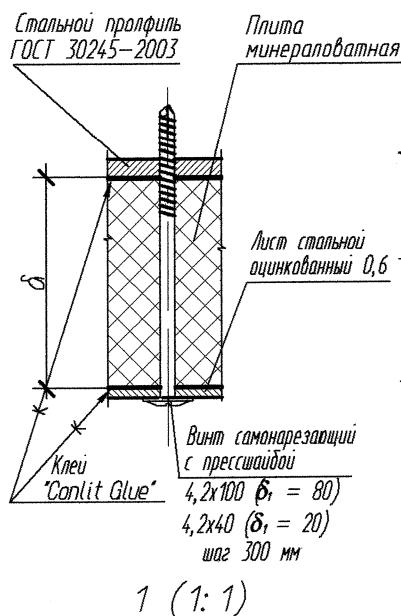
ЗАО  
"Теплоогнезащита"

## Расположение крепежных элементов

| Размеры, мм |   | R 45 |    | R 150 |   |
|-------------|---|------|----|-------|---|
| a           | t | d    | b  | d     | b |
| 80          | 3 |      | 50 | 70    |   |
|             | 4 |      |    |       |   |
| 120         | 4 |      | 70 | 100   |   |
|             |   |      |    |       |   |
| 140         | 5 |      | 80 | 110   |   |
|             |   |      |    |       |   |
| 160         |   |      | 90 | 120   |   |

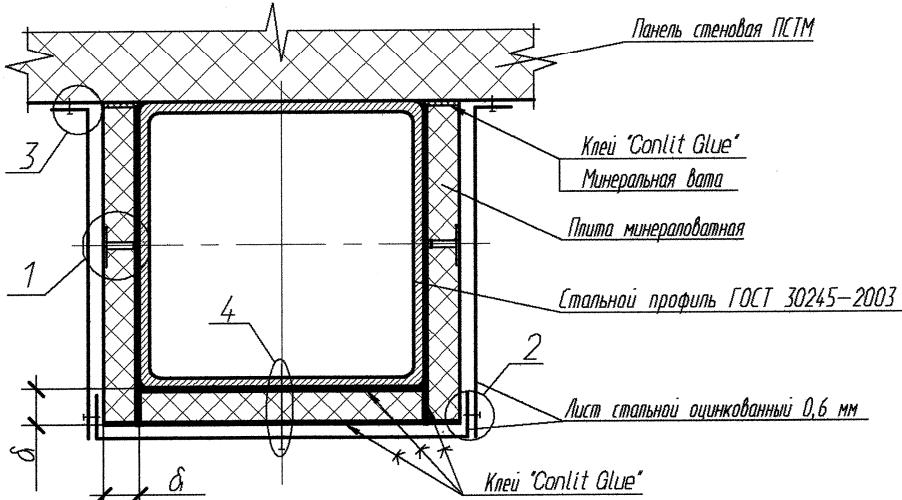


4 (1:1)

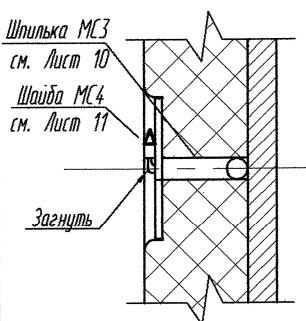


1 (1:1)

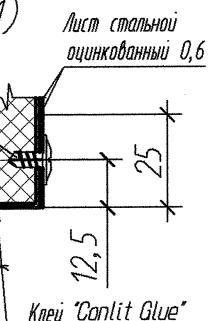
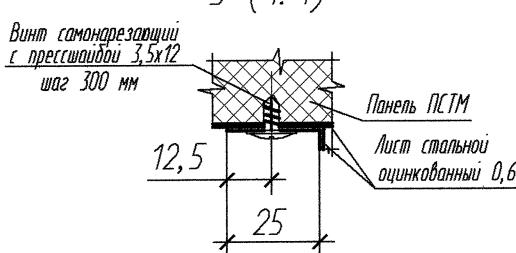
## Расположение огнезащиты



3 (1:1)



2 (1:1)



- Соединение шпилек МСЗ к металлу защищаемой конструкции – сварка монтажная.
- Крепежные изделия МС см. на листе 8.
- После установки шайбы МС4 шпильку МСЗ загнуть.
- Толщина панелей ПСТМ в соответствии с п.4 Лист1.

**ОАО "ЧЗПСН-Профнастил"**

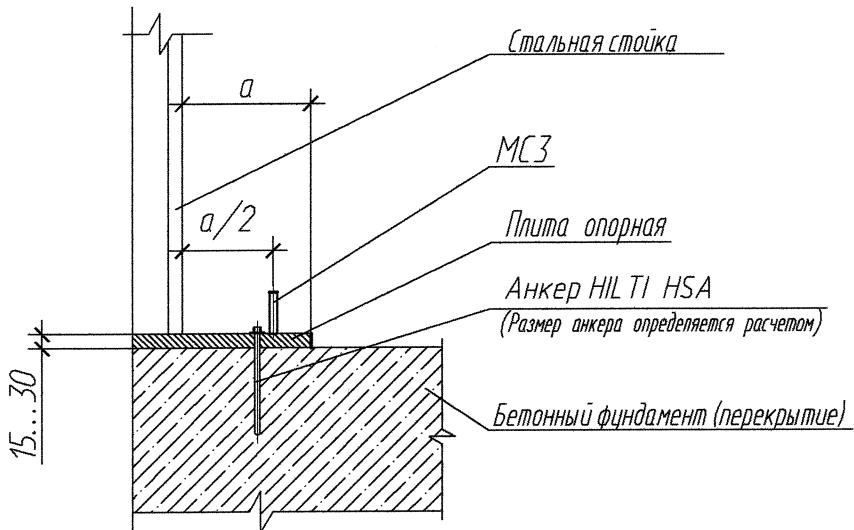
Типовые узлы противопожарных стен и перегородок на основе сэндвич-панелей ПСТМ с утеплителем из минераловатных плит

| Инв. № подп. | Подпись и дата | Лист | №док. | Подпись | Дата | Ригели. |      |        |
|--------------|----------------|------|-------|---------|------|---------|------|--------|
|              |                |      |       |         |      | Стадия  | Лист | Листов |
| Изм. Кол.уч. | Страхов        | 5.11 |       |         |      |         |      |        |
| Рук.проекта  |                |      |       |         |      |         |      |        |
| Разраб.      | Заикина        |      |       |         |      |         |      |        |
| Проверил     | Заикин         |      |       |         |      |         |      |        |
| Н.контроль   | Заикин         |      |       |         |      |         |      |        |

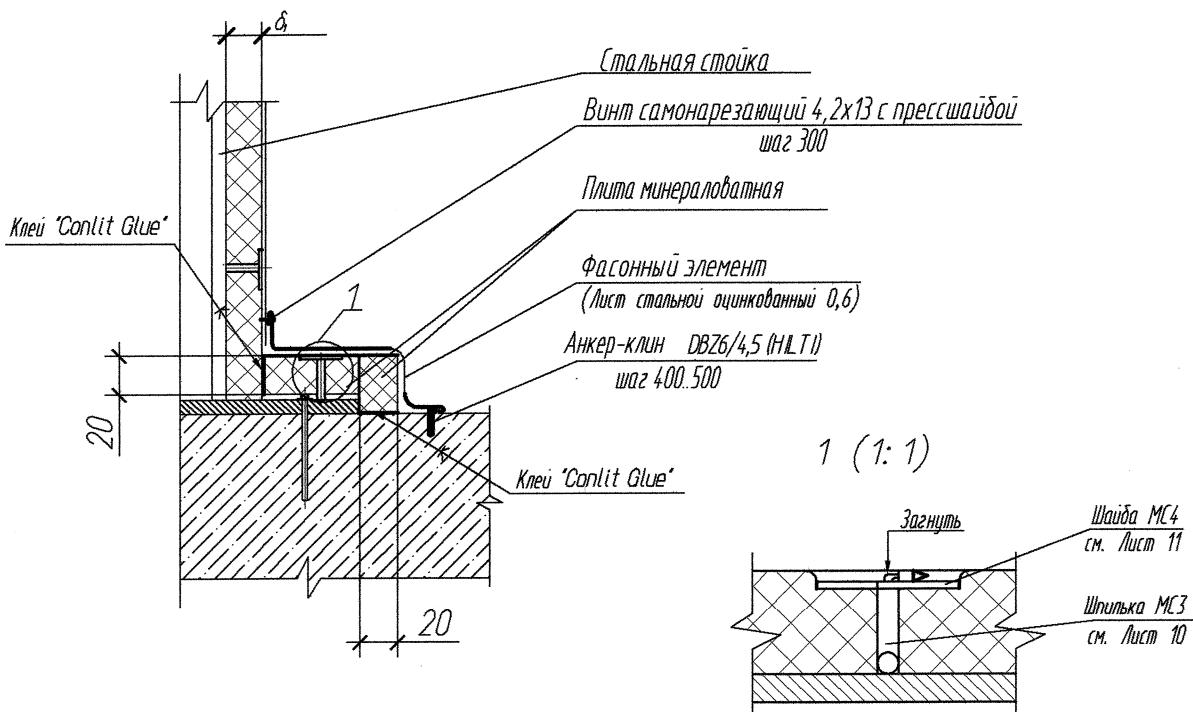
Расположение крепежных элементов.  
Расположение огнезащиты.

ЗАО  
"Теплоогнезащита"

### Расположение крепежных элементов



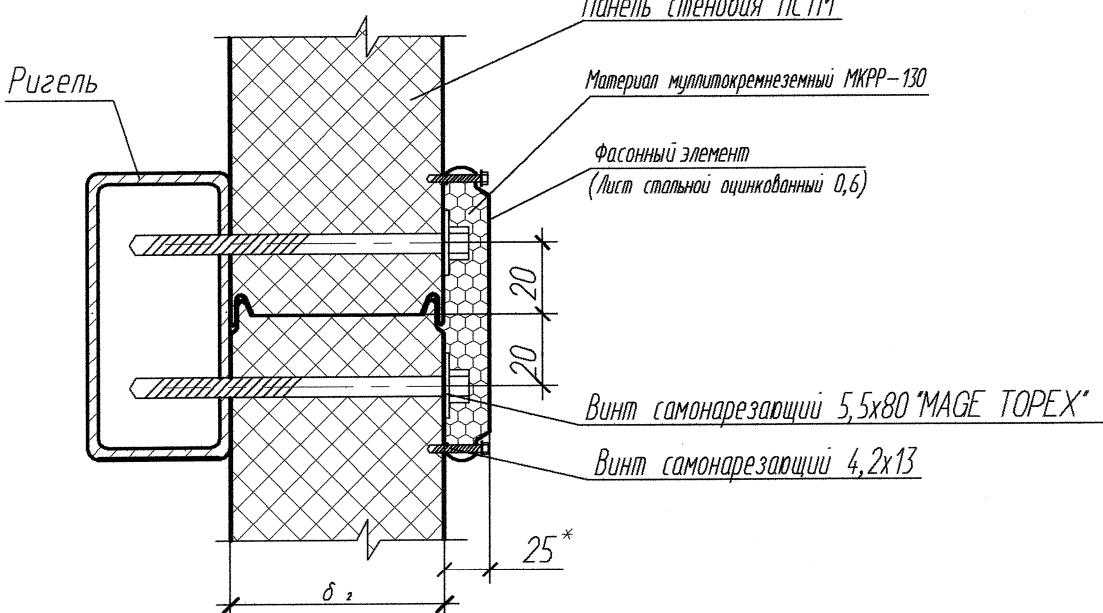
### *Расположение огнезащиты*



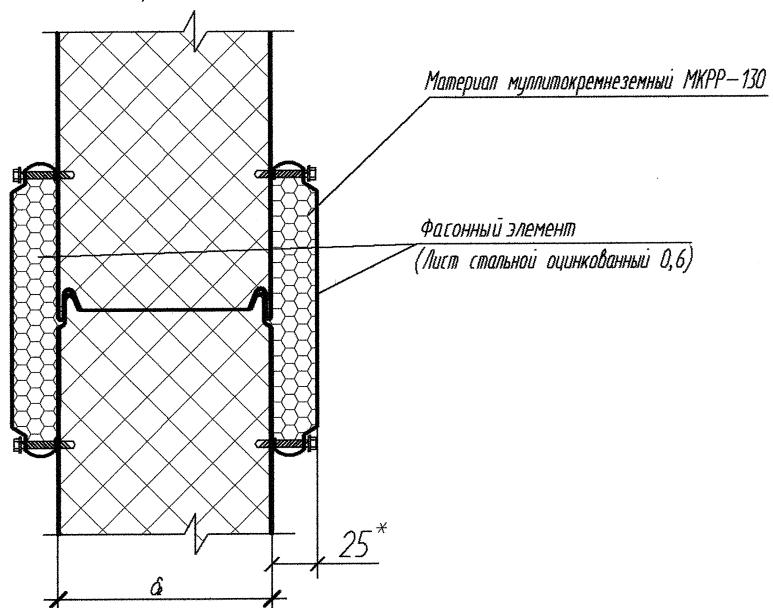
1. Соединение шпилек МСЗ к металлу защищаемой конструкции – сварка монтажная.
  2. Крепежные изделия МС см. на листе 8.
  3. Крепление к ж/б основанию осуществлять с помощью анкеров. Установку анкеров выполнять согласно руководству по анкерному креплению фирм-производителей.
  4. δ см. на листах 2 и 3.

| Инв. № подп. | Подпись и дата | Изм. Кол.уч. | Лист | №док. | Подпись | Дата | ОАО "ЧЗПСН-Профнастил"            |      |        |
|--------------|----------------|--------------|------|-------|---------|------|-----------------------------------|------|--------|
|              |                |              |      |       |         |      | Стадия                            | Лист | Листов |
| Рук.проекта  | Страхов        |              |      |       |         |      | Зона примыкания к фундаменту      |      |        |
| Разраб.      | Заикина        |              |      |       |         |      | Огнезащита опорной плиты.         |      |        |
| Проверил     | Заикин         |              |      |       |         |      | Расположение крепежных элементов. |      |        |
| Н.контроль   | Заикин         |              |      |       |         |      | Расположение огнезащиты.          |      |        |

*Вариант 1*



*Вариант 2*



1\*. Размер для справок.

2. В варианте 1 огнезащита ригеля в соответствии с Листом 5.
3. Размер δ в соответствии с п.4 Лист 1.

ОАО "ЧЗПСН-Профнастил"

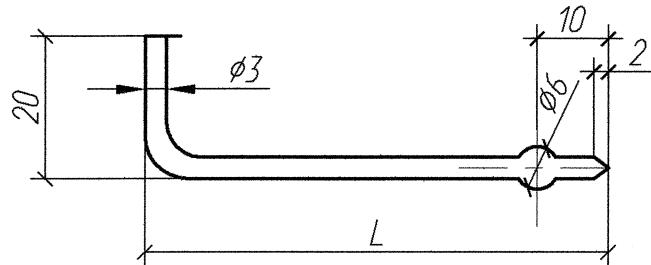
Типовые узлы противопожарных стен и перегородок на основе сэндвич-панелей ПСТМ с утеплителем из минераловатных плит

| Инд. № подп. | Подпись и дата | Взам. инв. № | Ограждающая часть стены |      |       | Стадия  | Лист | Листов |
|--------------|----------------|--------------|-------------------------|------|-------|---------|------|--------|
|              |                |              | Изм. Кол.уч.            | Лист | №док. | Подпись | Дата |        |
| Рук.проекта  | Страхов        |              |                         |      |       |         |      |        |
| Разраб.      | Заикина        |              |                         |      |       |         |      |        |
| Проверил     | Заикин         |              |                         |      |       |         |      |        |
| Н.контроль   | Заикин         |              |                         |      |       |         |      |        |

Зона горизонтального стыка

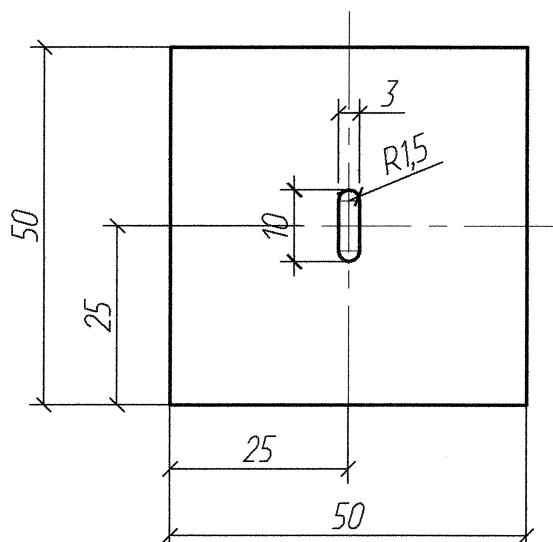
ЗАО  
"Теплоогнезащита"

Шпилька МС3



| $\delta_i$ , MM | L, MM |
|-----------------|-------|
| 20              | 45    |
| 30              | 55    |
| 60              | 85    |
| 80              | 105   |
| 100             | 125   |

Шайба МС4



- Шпильки МС3 изготавливаются из арматурной проволоки кл. Вр-1 по ГОСТ 6727-80\* диаметром 3 мм.
- Допускается использование в качестве заготовки шпильки МС3 строительных гвоздей по ГОСТ 4028-63\* диаметром 3 мм.
- Шайбу изготовить из листовой стали по ГОСТ 19903-74\* толщиной 2 мм.
- $\delta_i$  – толщина закрепляемого слоя из минераловатных плит.

ОАО "ЧЗПСН-Профнастил"

Типовые узлы противопожарных стен и перегородок на основе сэндвич-панелей ПСТМ с утеплителем из минераловатных плит

| Инв. № подп. | Подпись и дата | Инв. № подп. | Подпись и дата | Изм. Кол. уч. | Лист            | №док. | Подпись | Дата  |
|--------------|----------------|--------------|----------------|---------------|-----------------|-------|---------|-------|
| Рук. проекта | Страхов        | Разраб.      | Заикина        | Рук. проекта  | Санкт-Петербург | 11    | Заикина | 25.11 |
| Проверил     | Заикин         | Проверил     | Заикин         | Проверил      | Санкт-Петербург | 8     | Заикин  | 25.11 |
| Н. контроль  | Заикин         | Н. контроль  | Заикин         | Н. контроль   | Санкт-Петербург | 8     | Заикин  | 25.11 |

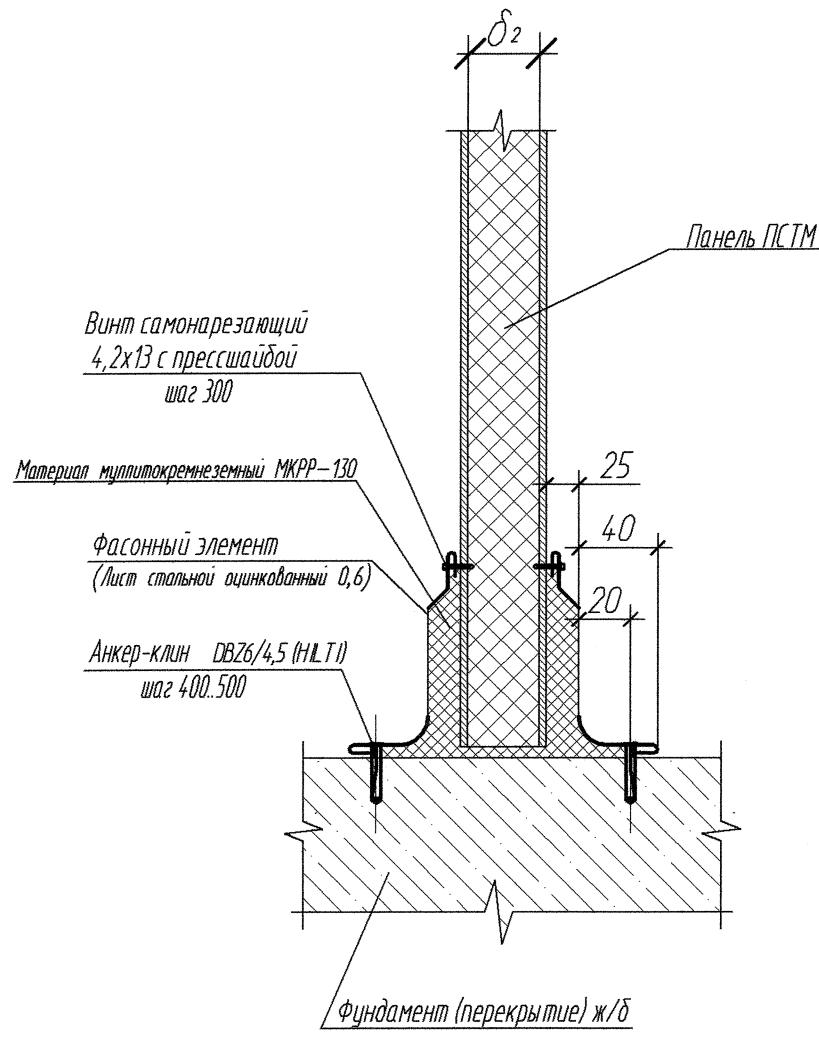
Детали крепежа.

Шпилька МС3. Шайба МС4.

Стадия      Лист      Листов

8

ОАО  
"Теплоогнезащита"



1. Размер  $\delta_2$  в соответствии с п.4 Лист1.

| Инв. № подл. | Подпись и дата | Взам. инв. № | ОАО "ЧЗПСН-Профнастил" |          |   |        |
|--------------|----------------|--------------|------------------------|----------|---|--------|
| Изм. Кол.уч. | Лист           | №док.        | Подпись                | Дата     | Типовые узлы противопожарных стен и перегородок на основе сэндвич-панелей ПСТМ с утеплителем из минераловатных плит |        |
| Рук.проекта  | Страхов        |              |                        | 15.05.01 | Zai   |        |
| Разраб.      | Заикина        |              |                        |          | Стадия  | Лист   |
| Проверил     | Заикин         |              |                        |          |   | Листов |
| Н.контроль   | Заикин         |              |                        |          |   |        |
|              |                |              |                        |          | Зона примыкания панелей ПСТМ к фундаменту   |        |
|              |                |              |                        |          | Расположение огнезащиты.  |        |
|              |                |              |                        |          | ЗАО<br>"Теплоогнезащита"  |        |



# "РОССТРОЙСЕРТИФИКАЦИЯ"

Система добровольной сертификации в строительстве в Российской Федерации

Создана в соответствии с приказом Госстроя России от 19.04.03 № 135, зарегистрирована Госстандартом России 22.05.03

Рес. № РОСС RU.B081.04CP00

№ 004788

## СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ РОСС RU.B081.RP08.0218

СРОК ДЕЙСТВИЯ С 22.10.2010 ВО 22.10.2013

ПРОДУКЦИЯ Плиты CONLIT SL 150 из минеральной (каменной) ваты на синтетическом связующем  
Выпускаются по ТУ 5762-029-45757203-10  
Серийный выпуск

КОД ОКП

57 6224

НАЗНАЧЕНИЕ Для огнезащиты стальных и железобетонных строительных конструкций, кабельных лотков и проходок в зданиях и сооружениях различного назначения  
ОБЛАСТЬ И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ – см. приложение к ТС № 3087-10

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ

Технического свидетельства Минрегиона России № 3087-10

КОД ТН ВЭД

6806 10 000 0

ИЗГОТОВИТЕЛЬ

ЗАО «Минеральная Вата». ИНН 5012016452  
Россия, 143980, Московская обл., г. Железнодорожный, ул. Автозаводская, 48 А  
Тел. (495) 777-79-79, факс (495) 777-79-70. Адрес производства продукции: тот же

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН

ЗАО «Минеральная Вата»

НА ОСНОВАНИИ:

Санитарно-эпидемиологического заключения № 77.99.34.576.Д.010575.06.10 от 30.06.10  
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; Сертификата № С-RU.ПБ01.В.00916 от 04.10.10 соответствия Техническому регламенту «О требованиях пожарной безопасности» (123-Ф3 от 22.07.08) ОС «ПОЖТЕСТ» ФГУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха Московской обл. Акта проверки производства и показателей качества продукции, выпускаемой ЗАО «Минеральная Вата» (2010 г.)

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ Сертификация по схеме За

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ

“СТРОИТЕЛЬСТВО”, РОСС RU.B081.01РП08

Россия, 119313, г. Москва, Ленинский проспект, д.95, тел. (495) 502-67-29

РУКОВОДИТЕЛЬ ОРГАНА

С.Р.Афанасьев

ЭКСПЕРТ

А.Г.Шеремет



Россия, 119991, г.Санкт-Петербург, ул.Ладожская, д.8, корп.2, тел.(985) 991-30-91



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ  
В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ПРАВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И БЛАГОПОЛУЧИЯ ЧЕЛОВЕКА

САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОГИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

№ 77.99.34.576.д.010575.06.10

от 30.06.2010 г.

Настоящим санитарно-эпидемиологическим заключением утверждается, что продукция:  
Плиты теплоизоляционные из минеральной (каменной) ваты CONLIT SL 150

изготовленная в соответствии  
с ТУ 5762-029-45757203-10 "Плиты теплоизоляционные из минеральной (каменной) ваты CONLIT  
SL 150"

соответствует [REDACTED] санитарным правилам

(не нужно закреплять, указать полное наименование государственных санитарно-эпидемиологических  
правил и нормативов):  
ГН 2.1.6.1338-03 "ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест"; ГН  
2.1.6.2309-07 "ОБУВ загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест"; ГН  
2.2.5.1313-03 "ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны"; СанПиН 2.1.2.729-99  
"Санитарные нормы и правила. Полимерные и полимерсодержащие строительные материалы,  
изделия и конструкции. Гигиенические требования безопасности".

Организация-изготовитель

ЗАО "Минеральная вата", 143980, Московская обл., г. Железнодорожный, Автозаводская ул.,  
д. 48А, Российская Федерация

Получатель санитарно-эпидемиологического заключения

ЗАО "Минеральная вата", 143980, Московская обл., г. Железнодорожный, Автозаводская ул.,  
д. 48А, Российская Федерация

Основанием для признания продукции, соответствующей (не соответствующей)  
санитарным правилам, являются (перечислите расчлененные протоколы испытаний, наименование  
учреждения, проводившего исследований, другие расчлененные документы):

протокол испытаний № 4430 от 16.06.2010 г. ИЛЦ ФГУЗ "Центр гигиены и эпидемиологии в  
Московской области" (№ГСЭН.RU.ЦОА.023, № РОСС.RU.0001.510107)

№ 0089093

127904, Москва, Вавиловский пер., д. 18, стр. 5, 7

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКЦИИ

### Вещества, показатели (факторы)

Удельная эф. активность природных радионуклидов, Бк/кг, не более  
Содержание веществ в воздушной среде, мг/куб. м, не более:

|                 |       |
|-----------------|-------|
| бензол          | 0,1   |
| ксилол          | 0,2   |
| спирт метиловый | 0,5   |
| толуол          | 0,6   |
| фенол           | 0,003 |
| формальдегид    | 0,01  |

### Гигиенический

### норматив

(СанПиН, МДУ, ПДК и др.)

370

### Область применения:

для использования в качестве огнезащитного слоя для металлических и железобетонных конструкций, а также в качестве основы для огнестойких кабельных и трубных проходок и вводов на объектах различных отраслей промышленности (в т.ч. пищевой) в жилищном, гражданском и промышленном строительстве

### Необходимые условия использования, хранения, транспортировки и меры безопасности:

в соответствии с руководством фирмы-изготовителя. При производстве оборудование производственных помещений механической общесобменной приточно-вытяжной и местной вытяжной вентиляцией. Использование СИЗ органов дыхания, глаз, кожи рук.

### Информация, наносимая на этикетку:

наименование продукции, фирма-изготовитель, страна, область и способ применения, требования безопасности при использовании, дата изготовления, срок годности



Заключение действительно до 30.06.2015 г.

Руководитель (заместитель руководителя)  
Федеральной службы по надзору в сфере  
зашиты прав потребителей и благополучия  
человека

Н.В. Шестопалов

Бланк N 0089093

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ  
СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ  
(обязательная сертификация)

№ С-RU.ПБ01.В.00916

(номер сертификата соответствия)

ТР 0631990

(учетный номер бланка)

**ЗАЯВИТЕЛЬ**

(наименование и место нахождение заявителя)

Закрытое акционерное общество «Минеральная вата» (ЗАО «Минеральная вата»)  
143980, Московская обл., г. Железнодорожный, ул. Автозаводская, д. 48а.  
Тел.: +7 (495)777-79-79, факс: +7 (495)777-79-70.  
ОГРН 1025001547592

**ИЗГОТОВИТЕЛЬ**

(наименование и место нахождения изготовителя продукции)

Закрытое акционерное общество «Минеральная вата» (ЗАО «Минеральная вата»)  
143980, Московская обл., г. Железнодорожный, ул. Автозаводская, д. 48а.  
Тел.: +7 (495)777-79-79, факс: +7 (495)777-79-70.  
ОГРН 1025001547592

**ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ**

(наименование и место нахождения органа по сертификации, выдавшего сертификат соответствия)

ОС «ПОЖТЕСТ» ФГУ ВНИИПО МЧС России

мкр. ВНИИПО, д. 12, г. Балашиха, Московская область, 143903,  
тел./факс (495) 529-85-61. ОГРН: 1025000508610

Аттестат рег. № ТРПБ.РУ.ПБ01 выдан 01.06.2010г. МЧС России

**ПОДТВЕРЖДАЕТ, ЧТО ПРОДУКЦИЯ**

(информация об объекте сертификации, позволяющая идентифицировать объект)

Плиты теплоизоляционные из минеральной (каменной) ваты CONLIT SL 150  
(содержание органического связующего на основе фенолформальдегидной смолы  
не более 3,0%, плотность 165 кг/м<sup>3</sup>±10%) ТУ 5762-029-45757203-10  
Серийный выпуск

код ОК 005 (ОКП)  
57 6224

код ЕКПС

код ТН ВЭД России

**СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА о требованиях пожарной безопасности (ТЕХНИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ) (Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ)**

(наименование технического регламента (технических регламентов), на соответствие требованиям которого (которых) проводилась сертификация)

класс пожарной опасности строительных материалов – КМ0 (горючесть - НГ)  
ГОСТ 30244-94 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть» Метод I

**ПРОВЕДЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (ИСПЫТАНИЯ) И ИЗМЕРЕНИЯ**

Отчет о сертификационных испытаниях №10122 от 21.07.2010 ИЛ НИЦ ПБ  
ФГУ ВНИИПО МЧС России, № ТРПБ.РУ.И.02 от 01.06.2010.

Акт о результатах анализа состояния производства №11306/11307/11308 от 07.09.2010  
ОС «ПОЖТЕСТ» ФГУ ВНИИПО МЧС России, № ТРПБ.РУ.ПБ01 от 01.06.2010.

**ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ ДОКУМЕНТЫ**

(документы, представленные заявителем в орган по сертификации в качестве доказательств соответствия продукции требованиям технического регламента (технических регламентов))

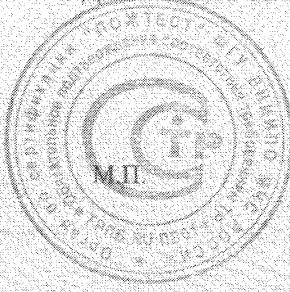
**СРОК ДЕЙСТВИЯ СЕРТИФИКАТА СООТВЕТСТВИЯ с 04.10.2010 по 04.10.2015**

Руководитель  
(заместитель руководителя)  
органа по сертификации  
подпись, инициалы, фамилия

V.B. Яшин

Эксперт (эксперты)  
подпись, инициалы, фамилия

A.I. Терешкин



СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
СЕРТИФИКАТ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

№ ССПБ. ДК. УП001.В07773

Зарегистрирован в государственном реестре  
Системы сертификации в области пожарной  
безопасности

27.04.2009

Действителен до 26.04.2012

Настоящий сертификат удостоверяет, что идентифицированный надлежащим образом образец

Композиция огнезащитная для стальных конструкций  
из минераловатных плит Rockwool серии Conlit марки Conlit 150  
(содержание органического связующего на основе фенолформальдегидной смолы - до 2,6%, плотность до 165 кг/м<sup>3</sup>±10%) и клея Conlit Glue,  
выполненная в соответствии с Технологическим регламентом № 11-07  
*продукция*

код ОКП

**6806 10 000 0**

код ТН ВЭД

соответствует требованиям пожарной безопасности, установленным в:  
НПБ 236-97 п. 6.5.3: 1-я группа огнезащитной эффективности при испытании образцов стальных колонн двутаврового сечения (двутавр №20 ГОСТ 8239-89 с приведенной толщиной металла 3,4 мм) высотой 1700 мм (на поверхность стальных колонн нанесен слой антакоррозийного грунта ГФ-021 толщиной 0,05 мм) с композицией огнезащитной, выполненной двумя слоями (внутренний слой - 50 мм, внешний слой - 30 мм) минераловатных плит Rockwool серии Conlit марки Conlit 150 с общей толщиной слоя огнезащиты 80 мм (содержание органического связующего на основе фенолформальдегидной смолы - до 2,6%, плотность до 165 кг/м<sup>3</sup>±10%) и клея Conlit Glue

на

при обязательной сертификации

Сертификат распространяется на серийный выпуск  
серийный выпуск, партия, единичное изделие

Сертификат выдан ЗАО «Минеральная вата»

Код ОКПО 45757203.

143980, Московская обл., г. Железнодорожный, ул. Автозаводская, д. 48а.

Тел. 8 (495)777-79-79, факс 8 (495)777-79-70

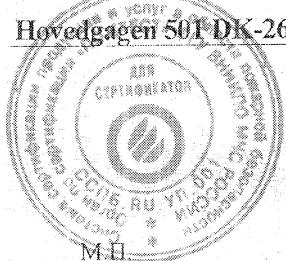
реквизиты предприятия, организации, адрес

Изготовитель

ROCKWOOL A/S

Ноеведгаген 501 DK-2640 Hedehusene, Denmark (Дания). Тел. +45 46 56 1616, факс +45 46 56 3011

реквизиты предприятия, организации, адрес



М.Н.

№ 0229682

Сертификат выдан на основании:

| Документ<br>(наименование, номер, дата)  | Исполнитель<br>(наименование, регистрационный номер)                           |
|--|--|
| <b>Отчет об испытаниях № 8933 от 06.03.2009</b>                                  | <b>ИЛ НИЦ ПБ ФГУ ВНИИПО МЧС России,<br/>№ ССПБ. RU.ИН.056 от 24.02.2005</b>    |
| <b>Акт о результатах анализа состояния производства<br/>№ 9953 от 10.12.2008</b> | <b>ОС «ПОЖТЕСТ» ФГУ ВНИИПО МЧС<br/>России, № ССПБ. RU.УП.001 от 24.02.2005</b> |

Маркировка товара и технической документации, прилагаемой к каждой единице продукции, осуществляется знаком соответствия ССПБ, наносимым на каждое изделие, его тару, упаковку, товаросопроводительную документацию в соответствии с требованиями

**Положения о знаке соответствия системы сертификации в области пожарной безопасности  
Знак соответствия системы. Форма, размеры и технические требования**

**Описание местонахождения знака соответствия  
рядом с товарным знаком фирмы изготовителя**

В случае невыполнения условий, лежащих в основе выдачи сертификата, он отменяется (приостанавливается) органом по сертификации, выдавшим сертификат

Сертификат выдан **органом по сертификации «ПОЖТЕСТ»  
ФГУ ВНИИПО МЧС России, № ССПБ.RU.УП.001**

**143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, д. 12. Тел./факс: (495) 529-85-61**

наименование органа по сертификации, выдавшего сертификат, № в Госреестре, адрес

Руководитель органа по сертификации

**В.В. Яшин**

инициалы, фамилия

Эксперт

**И.С. Кривошапкин**

инициалы, фамилия

Настоящий сертификат подтверждает соответствие продукции установленным требованиям пожарной безопасности и является необходимым документом для получения разрешения на ввоз продукции на территорию Российской Федерации.

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
СЕРТИФИКАТ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

№ ССПБ.RU.ОП013.Н.00484

Зарегистрирован в Государственном реестре  
Системы сертификации в области пожарной  
безопасности **11.07.2008**

Действителен до **10.07.2011**

Настоящий сертификат удостоверяет, что идентифицированный надлежащим образом образец

**Панели металлические трехслойные стеновые  
с минераловатным утеплителем (ПСТМ),  
толщиной от 60 мм до 250 мм**

ТУ 5284-183-01217836-2005

**52 8400**

код ОКП

код ТН ВЭД

наименование продукции

соответствует требованиям пожарной безопасности, установленным в:  
**СНиП 21-01-97\* п.5.10** (для ненесущих стен и перегородок), **ГОСТ 30247.1-94**

(смонтированные в соответствие с "Рекомендациями по применению")

Предел огнестойкости панелей ПСТМ толщиной 60 мм - EI 60,

Предел огнестойкости панелей ПСТМ толщиной 80, 100 мм - EI 90,

Предел огнестойкости панелей ПСТМ толщиной 120 мм - EI 150,

Предел огнестойкости панелей ПСТМ толщиной 150, 175, 200, 225, 250 мм - EI 180

**СНиП 2.01.02-85\* п.1.1 (Приложение 1)**

Предел распространения огня - 0 см

обозначение НД

при добровольной сертификации

Сертификат распространяется на **серийный выпуск**

Серийное производство, номер, размер и дата выпуска партии, номер и дата контракта поставки;

номер единичного изделия

Сертификат выдан **ОАО "Челябинский завод профилированного стального настила",**  
**ОКПО 01217836**

наименование предприятия, организации

Россия, 454081, г. Челябинск, ул. Валдайская, д. 7; тел. (351) 259-48-69; факс (351)259-47-81

юридический адрес, телефон, факс

Юридический представитель **ОАО "Челябинский завод профилированного стального настила",**  
**ОКПО 01217836**

наименование предприятия, организации

Россия, 454081, г. Челябинск, ул. Валдайская, д. 7; тел. (351) 259-48-69; факс (351)259-47-81

№ 0225327

юридический адрес, телефон, факс



Сертификат выдан на основании:

| Документ<br>Наименование, номер, дата  | Исполнитель<br>Наименование, регистрационный номер                                    |
|--|---|
| <b>Отчетов о сертификационных испытаниях</b><br><b>№ 59-63 от 16.06.2008</b> | <b>ИЛ ГУ «СЭУ ФПС ИПЛ» по Свердловской области,<br/>№ ССПБ. RU.ИН.123 от 05.10.06</b> |
| <b>Акта инспекционного контроля</b><br><b>от 24.06.08</b>                    | <b>ОС НП "ЮУрТО"</b><br><b>№ ССПБ.RU.ОП013 от 23.06.05</b>                            |

Маркировка товаров и технической документации, прилагаемой к каждой единице продукции, осуществляется знаком соответствия ССПБ, наносимым на каждое изделие, его тару, упаковку, товаросопроводительную документацию в соответствии с требованиями приложения № 2 к Положению о Системе сертификации в области пожарной безопасности, утвержденному приказом МЧС России № 312 от 18.06.2003.

Описание местонахождения знака пожарной безопасности

Не проставляется

В случае невыполнения условий, лежащих в основе выдачи сертификата, он отменяется (приостанавливается) органом по сертификации, выдавшим сертификат

Сертификат выдан  
Органом по сертификации продукции в области пожарной безопасности НП «Южно-Уральское техническое общество» № ССПБ.RU.ОП.013 от 23.06.2005г.  
456318, г. Миасс Челябинской области, пр. Октября, 66; тел. (3513) 53-78-25

наименование органа по сертификации, выдавшего сертификат, № в Госреестре, адрес

Руководитель Органа по сертификации

Е.А. Кошкина

инициалы, фамилия

С.Г. Алексеев

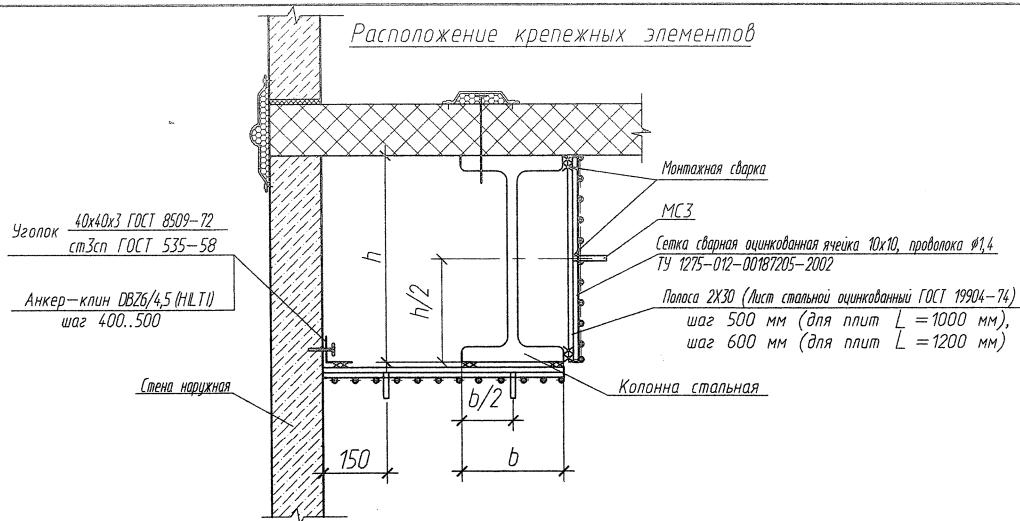
инициалы, фамилия

Эксперт

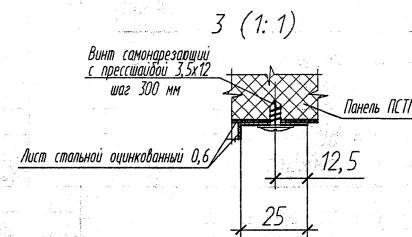
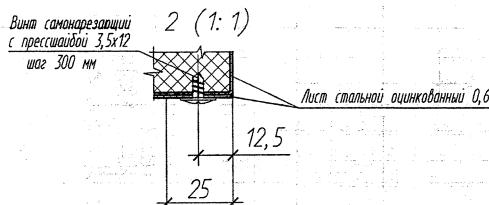
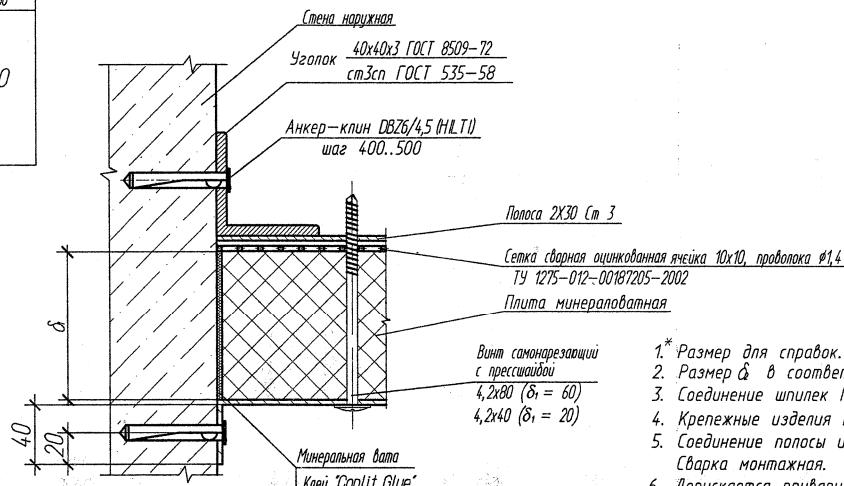
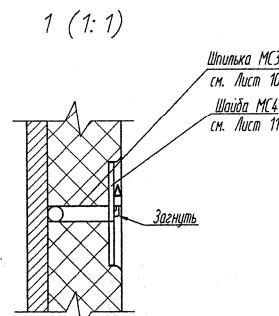


Настоящий сертификат подтверждает соответствие продукции, установленным требованиям пожарной безопасности и является необходимым документом для получения разрешения на ввоз продукции на территорию Российской Федерации

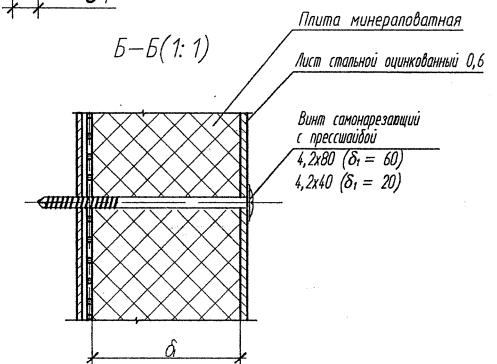
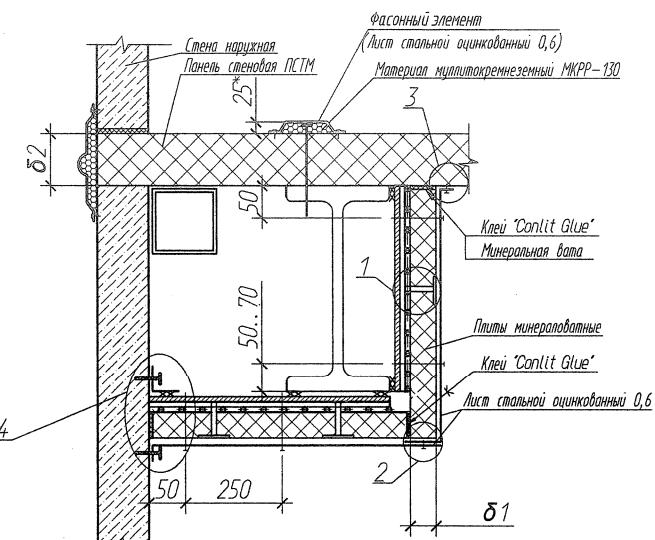
### Расположение крепежных элементов



| Номер профиля<br>СТ0 20-93 | Размеры, мм |          |          |          | $\delta_1$ , мм |      |
|----------------------------|-------------|----------|----------|----------|-----------------|------|
|                            | <i>h</i>    | <i>b</i> | <i>s</i> | <i>t</i> | R 45            | R 80 |
| 20Ш1                       | 194         | 150      | 6        | 9        |                 |      |
| 25Ш1                       | 244         | 175      | 7        | 11       | 20              | 60   |
| 30Ш1                       | 294         | 200      | 8        | 12       |                 |      |



### Расположение огнезащиты



1. Размер для справок.
2. Размер  $\delta$  в соответствии с п.4 Лист1.
3. Соединение шипов МС3 с полосой 2Х30 — контактная сварка.
4. Крепежные изделия МС см. на листе 8.
5. Соединение полосы и защищаемой стальной конструкции производится дуговой сваркой, шов  $Kf=3$  мм. Сварка монтажная.
6. Допускается приваривать шипы МС3 к металлу защищаемой конструкции. Сварка монтажная.
7. После установки шайбы МС4 шипильку МС3 загнуть.
8. Крепление к х/б стене осуществляется с помощью анкеров. Установку анкеров выполнять согласно руководству по инженерному креплению фирм-производителей.

ОАО "ЧЗПСН-Профнастул"

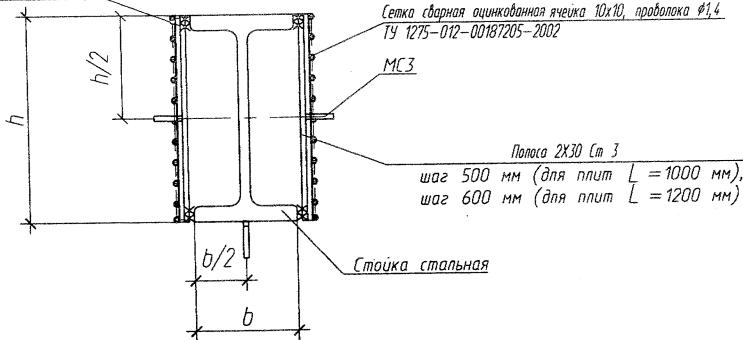
Типовые узлы противопожарных стен и перегородок на основе сэндвич-панелей ПСТМ с утеплителем из минераловатных плит

## Стальные стойки в зоне примыкания к наружной стене

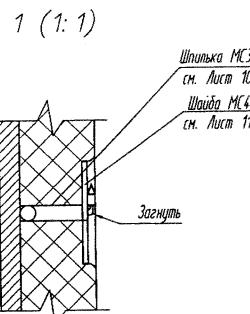
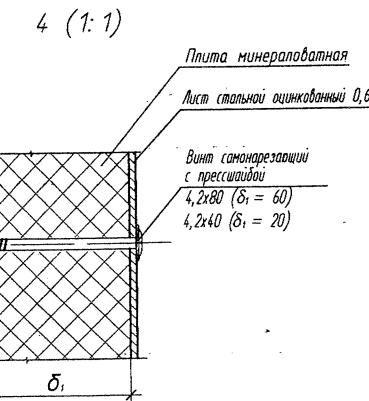
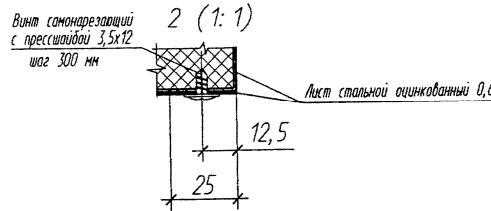
ЗАО  
"Торгово-заготовительная"

### Расположение крепежных элементов

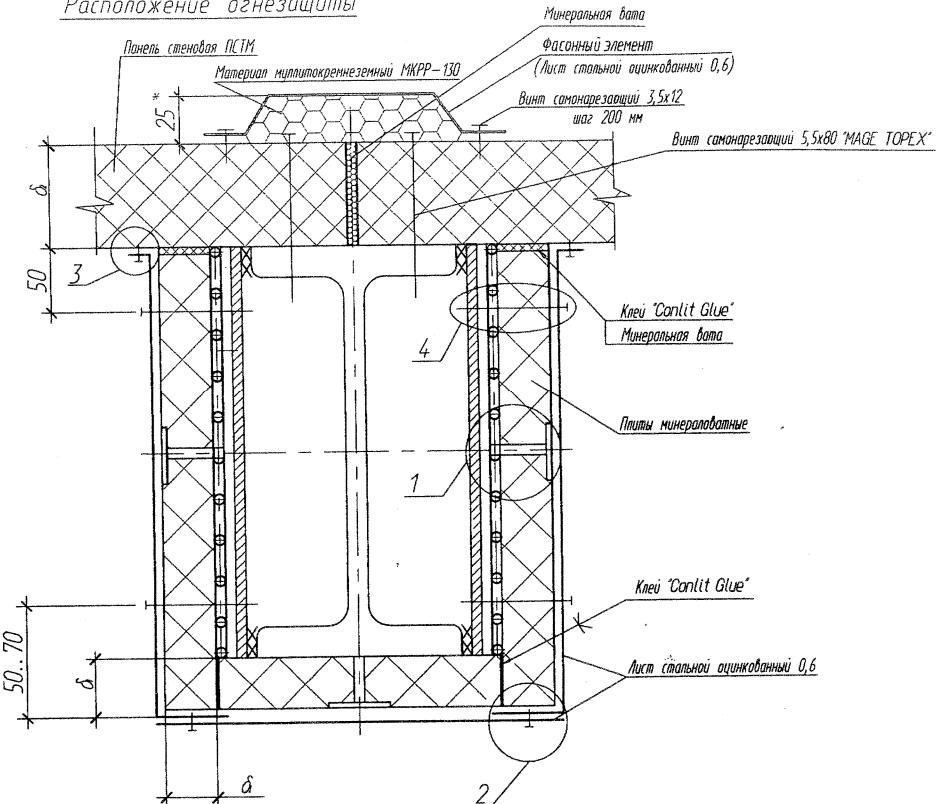
Монтажная сварка



| Номер профиля СТО 20-93 | Размеры, мм |     |   |    |      | $\delta_1$ , мм |
|-------------------------|-------------|-----|---|----|------|-----------------|
|                         | h           | b   | s | t  | R 45 |                 |
| 20Ш1                    | 194         | 150 | 6 | 9  | 20   | 60              |
| 25Ш1                    | 244         | 175 | 7 | 11 |      |                 |
| 30Ш1                    | 294         | 200 | 8 | 12 |      |                 |



### Расположение огнезащиты



- 1.\* Размер для справок.
2. Размер δ в соответствии с п.4 Лист 1.
3. Соединение шпилек МСЗ с полосой 2Х30 – контактная сварка.
4. Крепежные изделия МС см. на листе 8.
5. Соединение полос и защищаемой стальной конструкции производится дуговой сваркой, шаг Kf=3 мм. Сварка монтажная.
6. Допускается приваривать шпильки МСЗ к металлу защищаемой конструкции. Сварка монтажная.
7. Фиксацию сетки стальной осуществлять с помощью винтов самонарезающих 3,5x12 с пресс-шайбой.

ОАО "ЧЗПСН-Профнастайл"

Типовые узлы противопожарных стен и перегородок на основе сэндвич-панелей ПСТМ с утеплителем из минераловатных плит

| Изм. Кол.ч. | Лист    | №док.   | Подпись | Дата |
|-------------|---------|---------|---------|------|
| Рук.проекта | Страхов | С 05-11 |         |      |
| Разраб.     | Заикина | Заяв    |         |      |
| Проверил    | Заикин  | Заяв    |         |      |
| Н.контроль  | Заикин  | Заяв    |         |      |

Стальные стойки

Стойки  
Листов

2

Расположение крепежных элементов.  
Расположение огнезащиты.

ЗАО  
"Теплоогнезащита"

## Ведомость чертежей

| Лист | Наименование  | Примечание |
|------|---|------------|
| 1    | Ведомость чертежей. Общие данные.   |            |
| 2    | Стальные стойки. Расположение крепежных элементов. Расположение огнезащиты.   |            |
| 3    | Стальные стойки в зоне примыкания к ж/б наружной стене. Расположение крепежных элементов. Расположение огнезащиты.                          |            |
| 4    | Ригели. Стальной профиль по ГОСТ 8240-89 и ТУ 112000-001-12586100-2003 с изм. 1. Расположение крепежных элементов. Расположение огнезащиты. |            |
| 5    | Ригели. Стальной профиль по ГОСТ 30245-2003 С-235. Расположение крепежных элементов. Расположение огнезащиты.                               |            |
| 6    | Зона примыкания к фундаменту. Огнезащита опорной плиты. Расположение крепежных элементов. Расположение огнезащиты.                          |            |
| 7    | Ограждающая часть стен. Зона горизонтального стыка.   |            |
| 8    | Детали крепежа МС3, МС4.  |            |
| 9    | Зона примыкания панелей ПСТМ к фундаменту. Расположение огнезащиты.   |            |

### Общие данные

1. Настоящий комплект чертежей содержит технические решения по конструктивному исполнению типовых узлов противопожарных стен и перегородок, обеспечивающие требуемые нормативными документами показатели пожарной безопасности.

2. Противопожарные стены и перегородки должны удовлетворять следующим требованиям:

- предел огнестойкости противопожарных стен 1 типа не менее RE150;
- предел огнестойкости противопожарных стен 2 типа и противопожарных перегородок 1 типа не менее RE145;
- класс конструктивной пожарной опасности КО.

3. Конструкции противопожарных стен и перегородок должны соответствовать техническим требованиям, приведенным в Пояснительной записке к данному комплекту чертежей.

4. Ограждающая часть противопожарных стен и перегородок формируется из стендових сэндвич-панелей ПСТМ ТУ 5284-183-01217836-2005 ОАО "ЧЗПСН-Профнастип" следующих толщин:

- не менее 120 мм для стен 1 типа;
- не менее 60 мм для стен 2 типа и перегородок 1 типа.

5. Защита зон вертикальных и горизонтальных стыков панелей ПСТМ осуществляется нащельниками, установленными поверх мультикорицневенного материала МКРР-130 толщиной 25 мм.

6. Соответствие конструкции ограждающей части противопожарных стен и перегородок требованиям по огнестойкости по критериям потери целостности и теплоизолирующей способности подтверждается Сертификатом пожарной безопасности, полученным по результатам огневых испытаний.

7. Стеновые панели устанавливаются на несущих стальных конструкциях, огнестойкость которых по критерию потери несущей способности обеспечивается конструктивной огнезащитой.

8. Огнезащита стальных конструкций состоит из теплоизолирующего и защитно-декоративного слоев.

9. Теплоизолирующий слой формируется из минераловатных плит Rockwool Conflit 150°.

10. В качестве защитно-декоративного слоя используется лист стальной оцинкованный толщиной от 0,5 до 0,7 мм ГОСТ 14918-80. Допускается использовать холоднокатанную оцинкованную тонколистовую сталь с защитно-декоративным лакокрасочным покрытием ГОСТ 30246.

10. В соответствии с СТО 36554501-006-2006 огнезащита ж/б колонн обеспечивается толщиной бетона над стальной арматурой.

11. Для крепления панелей ограждающей части стены к ж/б стойке применять анкера HSA марки HILTI в соответствии с руководством по анкерному креплению.

12. Толщина теплоизолирующего слоя огнезащиты стальных конструкций определена по результатам огневых испытаний или расчетом. Достоверность результатов расчета подтверждается удовлетворительной согласованностью с

результатами испытаний.

13. Соответствие конструкции типовых узлов противопожарных стен и перегородок классу конструктивной пожарной опасности КО обеспечивается применением негорючих материалов.

14. Результаты расчетов толщин огнезащиты и описание конструктивного исполнения типовых узлов приведены в Пояснительной записке к данному комплекту чертежей.

ОАО "ЧЗПСН-Профнастип"

Типовые узлы противопожарных стен и перегородок на основе сэндвич-панелей ПСТМ с утеплителем из минераловатных плит

| Изм. Кол. уч. | Лист    | № док.       | Подпись | Дата     |
|---------------|---------|--------------|---------|----------|
| Рук. проекта  | Страхов | С.П. Страхов |         | 15.05.11 |
| Разраб.       | Заикина | Заикина      |         |          |
| Проверил      | Заикин  | Заикин       |         |          |
| Н. контроль   | Заикин  | Заикин       |         |          |

Ведомость рабочих чертежей

| Стадия       | Лист | Листов |
|--------------|------|--------|
| Общие данные | 1    | 9      |

ЗАО  
"Теплоогнезащита"