

**Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого**  
**Инженерно-строительный институт**  
**Кафедра «Строительство уникальных зданий и сооружений»**

**М.В. Гравит, О. В. Недрышкин, М.В. Петроченко**

**КОНСТРУКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ  
НЕСУЩИХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Учебное пособие**

**Санкт-Петербург**

**2016**

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Введение .....	4
2 Нормативные ссылки.....	4
3 Термины и определения.....	6
4 Обозначения и сокращения.....	9
5 Общие положения .....	10
5.1 Нормативные требования к применению средств огнезащиты.....	10
для строительных конструкций.....	10
5.2 Общие требования к средствам огнезащиты и технической документации .....	13
6 Классификация средств огнезащиты для стальных конструкций.....	18
7 Технические требования к конструктивной огнезащите .....	20
7.1 Плитные и листовые материалы .....	20
7.2 Рулонные материалы.....	31
7.3 Штукатурные огнезащитные составы.....	35
8 Повышение пределов огнестойкости несущих металлических конструкций за счет конструктивной огнезащиты.....	37
8.1 Пределы огнестойкости несущих металлических конструкций .....	37
8.2 Проектирование огнезащиты стальных конструкций .....	40
8.3 Примеры вариантов задач для определения расхода конструктивной огнезащиты.....	42
Библиография .....	44
Приложение А (справочное) Методика расчета фактических пределов огнестойкости стальных конструкций с использованием конструктивной огнезащиты .....	48
Приложение Б (справочное). Система огнезащиты конструкций из металла Корпорации Технониколь.....	60
Приложение В (справочное) Сравнительная таблица оценки декларируемых показателей огнезащитной эффективности рулонных огнезащитных материалов различных производителей .....	64

## Предисловие

Учебное пособие приводит основные требования к конструктивной огнезащите стальных конструкций зданий и сооружений и составлено согласно магистерской программе дисциплины 08.04.01\_19 «Обследование и технический аудит зданий и сооружений» по направлению: 08.04.01 «Строительство», программе для аспирантов по направлению 08.06.01 «Техника и технологии строительства», код 08.06.01\_01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» и предназначено для проведения лекционных и практических занятий в высших учебных заведениях строительного профиля.

Пособие может использоваться в программе дисциплин для магистров по направлению 20.04.01 «Техносферная безопасность» по программе 20.04.01\_08 «Пожарная безопасность», а также будет представлять интерес для специалистов, работающих в области проектирования огнезащиты строительных конструкций.

Настоящее пособие разработано с целью ознакомления учащихся с методами по обеспечению требуемой огнестойкости конструкций с применением современных эффективных конструктивных материалов. Пособие разработано в рамках положений Федерального закона от 27 декабря 2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [1], Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [2], Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [3], приказа Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. № 624 «Об утверждении Перечня видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияния на безопасность объектов капитального строительства» [4], Правил противопожарного режима в Российской Федерации, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. N 390 "О противопожарном режиме" [5].

## Введение

Учебное пособие отображает современный уровень технических требований к конструктивной огнезащите стальных строительных конструкций зданий и сооружений (далее – конструкций) различных надземных гражданских и производственных объектов. В пособии рассматриваются:

- системы огнезащиты строительных конструкций с применением конструктивных средств огнезащиты, облицовок плитными, листовыми, рулонными огнезащитными материалами, в том числе минеральными ватами, штукатурками, включающих антикоррозионные покрытия;
- требования к другим защитным системам, в частности окрасочным системам тонкослойными огнезащитными вспучивающимися покрытиями, предназначенными для огнезащиты металлических конструкций приводятся в пособии [6].

В учебном пособии даны рекомендации для использования организациями при проектировании и эксплуатации зданий и сооружений, где используются или предполагаются к использованию указанные средства огнезащиты.

## 2 Нормативные ссылки

В пособии использованы нормативные ссылки на следующие нормативные документы (своды правил, национальные и межгосударственные стандарты), отраслевые стандарты:

СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы (с Изменением N 1)

СП 2.13330.2012 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты (с Изменением N 1)

СП 4.13330.2013 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям

СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81\* "Строительство в сейсмических районах"(с Изменением N 1)

СП 28.13330.2012 Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85

СП 71.13330.2011 Изоляционные и отделочные покрытия. Актуализированная редакция СНиП 3.04.01-87

СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*

СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\* (с Изменением N 1)

ГОСТ 30403-2012 Конструкции строительные. Метод испытаний на пожарную опасность

ГОСТ 30244-94 Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть

ГОСТ 30402-96 Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость.

ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения (с Изменением N 1)

ГОСТ 30444-97/ГОСТ Р 51032-97 Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени

ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности (с Изменением N 1)

ГОСТ 8239-89 Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент

ГОСТ 26020-83 Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Сортамент

ГОСТ 8639-82 Трубы стальные квадратные. Сортамент

ГОСТ 8240-97 Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент

ГОСТ 15150-69 Исполнение для различных различных климатических районов

ГОСТ 30247.0-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования

ГОСТ 30247.1-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции

ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014 Конструкции строительные. Испытания на огнестойкость. Часть 2. Альтернативные и дополнительные методы

ГОСТ Р 53293-2009 Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа

ГОСТ 9.032-74 ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения (с Изменениями N 1-4)

ГОСТ 31993-2013 (ISO 2808:2007) Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия

ГОСТ 9.402-2004 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию

ГОСТ Р ИСО 8501-1-2014 Подготовка стальной поверхности перед нанесением лакокрасочных материалов и относящихся к ним продуктов. Визуальная оценка чистоты поверхности. Часть 1. Степень окисления и степени подготовки непокрытой стальной поверхности и стальной поверхности после полного удаления прежних покрытий

ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения

ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2)

ГОСТ 12.3.005-75 ССБТ. Работы окрасочные. Общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2, 3)

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)

ГОСТ 12.1.016-79 ССБТ. Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентраций вредных веществ (с Изменением N 1)

ГОСТ 12.4.021-75 ССБТ. Системы вентиляционные. Общие требования (с Изменением 1)

ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования

СТО 36554501-031-2013 ОАО «НИЦ «Строительство» Методика испытаний на соответствие требованиям пожарной безопасности строительных конструкций со средствами огнезащиты и систем противопожарной защиты, применяемых в районах с сейсмичностью более 6 баллов. Москва, 2013.

СТО 56947007-29.240.119-2012 Методика оценки технического состояния зданий и сооружений объектов ОАО «ФСК ЕЭС». Москва, 2012.

**П р и м е ч а н и е** – При пользовании настоящим пособием целесообразно проверить действие ссылочных стандартов. Если ссылочный документ заменён (изменён), следует руководствоваться заменённым (изменённым) документом. Если ссылочный документ отменён без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

### **3 Термины и определения**

В настоящих рекомендациях применены следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 гарантийный срок эксплуатации:** Время, в течение которого гарантируется эксплуатация средства огнезащиты с заданной огнезащитной эффективностью [ГОСТ Р 53293-2009, п.3.12].

**3.2 гарантийный срок хранения (годности):** Время, в течение которого средство огнезащиты (отдельные его составляющие) может храниться или быть использовано для огнезащитной обработки конструкций без снижения огнезащитной эффективности и гарантийного срока эксплуатации]огнезащитного состава (изготовитель) гарантирует его соответствие требованиям нормативной и технической документации [ГОСТ Р 53293-2009, п.3.11].

**3.3 грунтовка:** Лакокрасочный материал, образующий при нанесении на окрашиваемую поверхность непрозрачное или прозрачное однородное лакокрасочное покрытие с хорошей адгезией к

окрашиваемой поверхности и покрывным слоям и предназначенный для улучшения свойств лакокрасочной системы [ГОСТ 28246-2006, п.12].

**3.4 защитное покрытие:** Слой или система слоев, наносимых на поверхность металла с целью защиты от коррозии.

**3.5 идентификационные термоаналитические параметры:** Значимые характеристики термоаналитических (ТА) кривых, являющиеся критериями (признаками) идентичности одного материала по отношению к другому.

**3.6 исполнитель:** Организация, выполняющая комплекс работ по нанесению покрытий.

**3.7 конструктивный способ огнезащиты:** Облицовка объекта огнезащиты материалами или иные конструктивные решения по его огнезащите ГОСТ 53295, п.3.6].

**3.8 комбинированный способ огнезащиты:** Сочетания различных способов огнезащитной обработки [ГОСТ 53295, п.3.7].

**3.9 конструкционная огнезащита:** Способ огнезащиты, основанный на создании на нагреваемой поверхности конструкции теплоизоляционного слоя средства огнезащиты, не изменяющего свою толщину при огневом воздействии. К конструкционной огнезащите относятся огнезащитные напыляемые составы, обмазки, облицовки огнестойкими плитными, листовыми и другими материалами, в том числе на каркасе, с воздушными прослойками, а также комбинации данных материалов, в том числе с тонкослойными вспучивающимися покрытиями [СП 28.13330.2012, п.3.11].

**3.10 конструктивная огнезащита:** Способ огнезащиты строительных конструкций, основанный на создании на обогреваемой поверхности конструкции теплоизоляционного слоя средства огнезащиты. К конструктивной защите относятся: толстослойные напыляемые составы, огнезащитные обмазки, штукатурки, облицовка плитными, листовыми и другими огнезащитными материалами, в том числе на каркасе, с воздушными прослойками, а также комбинации данных материалов, в том числе с тонкослойными вспучивающимися покрытиями. Способ нанесения (крепления) огнезащиты должен соответствовать способу, описанному в протоколе испытаний на огнестойкость и в проекте огнезащиты [СП 2.13130.2012, п.3.2].

**3.11 лабораторные испытания:** Оценка соответствия качества продукта требованиям нормативно-технического документа по установленному перечню показателей качества, выполненная аккредитованной лабораторией в установленном законодательстве порядке согласно области аккредитации.

**3.12 напыляемый огнезащитный состав:** Волокнистый или на минеральном вяжущем огнезащитный состав, наносимый на конструкцию методом напыления для обеспечения ее огнестойкости СП 28.13330.2012, п.3.16].

**3.13 несущие конструкции (элементы):** Конструкции, воспринимающие постоянную и временную нагрузку, в том числе нагрузку от других частей зданий [ГОСТ 30247.1-94, п.3.1]. (К несущим элементам зданий относятся несущие стены, колонны, связи, диафрагмы жесткости, фермы, элементы перекрытий и бесчердачных покрытий (балки, ригели, плиты, настилы), если они участвуют в обеспечении общей устойчивости и геометрической неизменяемости здания при пожаре [СП 2.13130.2012, п. 5.4.2 ]).

**3.14 облицовка:** Система из штучных материалов, образующая наружный слой элементов зданий (стен, колонн, перекрытий, цоколей) и поверхности зданий и сооружений [СП 2.13130.2012, п.3.8].

**3.15 огнезащита:** Технические мероприятия, направленные на повышение огнестойкости и (или) снижение пожарной опасности зданий, сооружений, строительных конструкций [ГОСТ 53295-2009, п.3.1].

**3.16 огнезащитная обработка:** Нанесение (монтаж) средства огнезащиты на поверхность объекта огнезащиты в целях повышения огнестойкости [ГОСТ 53295-2009, п.3.5].

**3.17 огнестойкость строительной конструкции:** Способность строительной конструкции сохранять несущие и (или) ограждающие функции в условиях пожара [СП 2.13130.2012, п.3.1].

**3.18 огнезащитная эффективность:** Показатель эффективности средства огнезащиты, который характеризуется временем в минутах от начала огневого испытания до достижения критической температуры (500 °С) стандартным образцом стальной конструкции с огнезащитным покрытием [ГОСТ 53295, п.3.4].

**3.19 ограждающие конструкции:** Конструкции, выполняющие функции ограждения или разделения объемов (помещений) здания. Ограждающие конструкции могут совмещать функции несущих (в том числе самонесущих) и ограждающих конструкций [ГОСТ 30247.1-94 , п.3.4].

**3.20 отделка внешних поверхностей наружных стен:** Внешняя поверхность наружных стен, изготовленная из нештучных (штукатурных, лакокрасочных и т.п.) материалов, предохраняющая основные ограждающие, несущие конструкции и теплоизоляционные материалы от атмосферных и других внешних воздействий [СП 2.13130.2012, п.3.9].

**3.21 тонкослойное вспучивающееся огнезащитное покрытие (огнезащитная краска):** Способ огнезащиты строительных конструкций, основанный на нанесении на обогреваемую поверхность конструкции специальных красок или лакокрасочных систем по ГОСТ 28246, предназначенных для повышения предела огнестойкости строительных конструкций и обладающих огнезащитной эффективностью. Принцип действия огнезащитной краски (лакокрасочной системы) основан на химической реакции, активируемой при воздействии пожара, в результате которой



толщина огнезащитного покрытия многократно увеличивается, образуя на обогреваемой поверхности конструкции теплоизоляционный слой, защищающий конструкцию от нагревания [ГОСТ 53295-2009, п.3.13].

**3.23 предельное состояние конструкции по огнестойкости:** Состояние конструкции, при котором она утрачивает способность сохранять несущие и/или ограждающие функции в условиях пожара [ГОСТ 30247.0, п.3.3].

**3.24 приведенная толщина металла:** Отношение площади поперечного сечения металлоконструкции к периметру ее обогреваемой поверхности [ГОСТ 53295-2009, п.3.10];

**3.25 проект огнезащиты:** проектная (или рабочая) документация, содержащая обоснование принятых проектных решений по способам и средствам огнезащиты для обеспечения их предела по ГОСТ 30247, с учетом экспериментальных данных огнезащитной эффективности средства огнезащиты, а также результатов прочностных и теплотехнических расчетов строительных конструкций с нанесенными средствами огнезащиты [СП 2.13130.2012, п.3.5].

**3.26 самонесущие конструкции:** Конструкции, воспринимающие нагрузку только от собственного веса ГОСТ 30247.1-94, п.3.3].

**3.28 средство огнезащиты:** Огнезащитный состав или материал, обладающий огнезащитной эффективностью и предназначенный для огнезащиты различных объектов [ГОСТ 53295-2009, п.3.12].

**3.29 срок службы:** Период времени, на протяжении которого огнезащитное покрытие сохраняет заданные свойства и обеспечивает защиту сооружения (до первого ремонтного восстановления).

**3.30 термический анализ (ТА):** Группа методов анализа вещества (материала), объединяющая термогравиметрию, дифференциально-термический анализ, дифференциально-сканирующую калориметрию и ряд других методов [ГОСТ Р 53293-2009, п.3.6].

**3.31 техническая документация (ТД) на огнезащитные составы и материалы:** Документация разработчика (изготовителя) огнезащитного состава, содержащая показатели и характеристики средств огнезащиты, способы ее нанесения, контроль качества, информацию о гарантийных сроках хранения и эксплуатации, требования по безопасности и охране окружающей среды.

#### **4 Обозначения и сокращения**

4.1 В настоящем пособии применены сокращения:

ЛКМ – лакокрасочный материал;

ТД – техническая документация;

ТУ – технические условия;

ТА – термический анализ;

ПТМ – приведенная толщина металла.

## **5 Общие положения**

### **5.1 Нормативные требования к применению средств огнезащиты для строительных конструкций**

5.1.1 Требования пожарной безопасности к огнестойкости зданий, сооружений, строительных конструкций, приведены в Федеральном законе от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (в ред. Федерального закона от 13.07.2015 N 234-ФЗ) [3], а также в ряде нормативных документов, разработанных в развитие положений [3] и других техрегламентов. Согласно Федеральному закону [3], на объектах защиты должны применяться строительные конструкции с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности, соответствующими требуемой степени огнестойкости сооружений и классу их конструктивной пожарной опасности (ст. 57 [3]). В таблице 1 приводятся данные по пределу огнестойкости строительных конструкций в зависимости от степени огнестойкости здания [3].

5.1.2 Требуемые пределы огнестойкости строительных конструкций определяются при проектировании соответствующего объекта защиты на стадии «ПРОЕКТ» (в разделе «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности объекта капитального строительства» [7]).

5.1.3 Фактические пределы огнестойкости строительных конструкций должны определяться в условиях стандартных испытаний по методикам, установленным нормативными документами по пожарной безопасности.

5.1.4 Класс пожарной опасности конструкций определяется по ГОСТ 30403-96 [8].

5.1.5 Класс пожарной опасности материалов, применяемых на путях эвакуации и в зальных помещениях, должен соответствовать классу (подклассу) здания по функциональной пожарной опасности, и в том числе, вместимости и этажности задания и определяется в соответствии с положениями таблиц 28 и 29 Приложения к [3] и положениями СП 1.13130.2009 [9]. Эти требования должны учитываться при выборе огнезащитных составов и материалов для повышения огнестойкости строительных конструкций, расположенных на путях эвакуации и в зальных помещениях соответственно.

5.1.6 Техническая документация на строительные материалы должна содержать информацию о показателях пожарной опасности этих материалов, а также о мерах пожарной безопасности при обращении с ними (ст.134 [3]). Методы определения групп горючести, воспламеняемости, дымообразующей способности, токсичности и распространения пламени изложены в нормативных документах: ГОСТ 30244-94 [10], ГОСТ 30402-96 [11], ГОСТ 12.1.044-89 [12], ГОСТ Р 51032-97\* [13].

Таблица 1 – Соответствие степени огнестойкости и предела огнестойкости строительных конструкций зданий, сооружений и пожарных отсеков

Степень огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков	Предел огнестойкости строительных конструкций						
	Несущие стены, колонны и другие несущие элементы	Наружные не несущие стены	Перекрытия междуэтажные (в том числе чердачные и над подвалами)	Строительные конструкции бесчердачных покрытий		Строительные конструкции лестничных клеток	
				настилы (в том числе с утеплителем)	фермы, балки, прогоны	внутренние стены	марши и площадки лестниц
I	R 120	E 30	REI 60	RE 30	R 30	REI 120	R 60
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 90	R 60
III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 60	R 45
IV	R 15	E 15	REI 15	RE 15	R 15	REI 45	R 15
V	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется

5.1.7 Подтверждение соответствия продукции требованиям пожарной безопасности осуществляется по схемам обязательного подтверждения соответствия требованиям пожарной безопасности (далее - схемы), каждая из которых представляет собой полный набор операций и условий их выполнения. Схемы могут включать одну или несколько операций, результаты которых необходимы для подтверждения соответствия продукции установленным требованиям (ст.146, п.1 [3]).

5.1.8 Средства огнезащиты допускается применять из материалов с дополнительными покрытиями, обеспечивающими придание декоративного вида огнезащитному слою или его устойчивость к неблагоприятному климатическому воздействию. В этом случае огнезащитная эффективность должна определяться (и указываться в технической документации производителя) с учетом этого слоя (ст. 136 [3]).

5.1.9 Не допускается применение средств огнезащиты на неподготовленных (подготовленных с нарушениями требований технической документации на эти средства) поверхностях объектов защиты (п.4.13 [14]). При этом, необходимо предусмотреть возможность восстановления средств огнезащиты в течение гарантийного срока эксплуатации и (или) замены после окончания этого срока, устанавливаемого производителем в соответствии с технической документацией и не допускается применение средств огнезащиты на объектах, расположенных в местах,

где отсутствует возможность замены или восстановления (реставрации) средств огнезащиты (п.4.7, п.4.8 [14]).

5.1.10 Проектирование и производство работ по огнезащите конструкций должны осуществляться организациями, имеющими соответствующий допуск и лицензии, выданными саморегулирующей организацией и Министерством РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий на данные виды деятельности [4].

5.1.11 В зданиях I и II степеней огнестойкости для обеспечения требуемого предела огнестойкости несущих элементов здания, обеспечивающих его общую устойчивость и геометрическую неизменяемость при пожаре, следует применять конструктивную огнезащиту. Применение тонкослойных огнезащитных покрытий для стальных конструкций, являющихся несущими элементами зданий I и II степеней огнестойкости, допускается для конструкций с приведенной толщиной металла не менее 5,8 мм (п.5.4.3 СП 2.13130.2012 [15]).

5.1.12 Средства огнезащиты, предназначенные для повышения предела огнестойкости несущих стальных конструкций, характеризуются группой огнезащитной эффективности, определяемой по [14]. За предельное состояние принимается достижение критической температуры 500°С опытного образца с нанесенным покрытием (стальная колонна двутаврового сечения профиля № 20 по ГОСТ 8239-89 [16] или профиля № 20Б1 по ГОСТ 26020-83 [17] высотой 1700) мм в условиях стандартных испытаний.

5.1.13 Огнезащитная эффективность средств огнезащиты в зависимости от наступления предельного состояния стальной конструкции подразделяется на семь групп [14]: не менее 150 минут – первая группа; не менее 120 мин. – вторая группа; не менее 90 мин. – третья группа; не менее 60 мин. – четвертая группа; не менее 45 мин. – пятая группа; не менее 30 мин. – шестая группа; не менее 30 мин. – седьмая группа. Классификация по огнестойкости стальной конструкции устанавливается по времени наступления одного из признаков предельного состояния: R; E; I, W, S согласно [3] с временным рядом 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360 мин.

5.1.15 Учитывая требования современных нормативных документов, средства огнезащиты делят на две группы: конструктивная огнезащита и вспучивающиеся (интумесцентные) огнезащитные покрытия (рисунок 1). В этом случае вспучивающиеся шпаклевки, мастики, обмазки толщиной более трех миллиметров не включены в понятие «конструктивная огнезащита» в связи с введением в действие изменений №1 ГОСТ Р 53295 [14] (п. 3.13) [18].

## 5.2 Общие требования к средствам огнезащиты и технической документации

5.2.1 Все применяемые средства огнезащиты должны быть изготовлены по ТД (стандарт предприятия, технические условия и т.п.) производителя, и соответствовать требованиям ФЗ-123 и ТД, действующей в соответствующей промышленной отрасли.

5.2.1 В случае строительства зданий и сооружений в сейсмическом районе при применении средств огнезащиты должны выполняться требования [19]. Рекомендуется использовать положения и методику [20].

5.2.2 Подбор средств огнезащиты конструкций производится по данным ранее проведенных исследований. Подбор осуществляется, исходя из рассчитанной приведенной толщины конструкции, критической температуры и требуемого предела огнестойкости (Приложение А), а также с учетом эксплуатационных свойств средств огнезащиты.

5.2.3 Применение того или иного средства огнезащиты определяется следующими критериями:

- величина требуемого предела огнестойкости;
- тип защищаемой конструкции и ориентации защищаемых поверхностей в пространстве (колонны, стойки, ригели, балки, связи), а также условия нагружения и опирания;
- возможность периодического контроля покрытия и восстановления после повреждений;
- сейсмоустойчивость, виброустойчивость конструкции с огнезащитой;
- температурно-влажностные условия эксплуатации и производства работ по огнезащите, степень агрессивности окружающей среды;
- сезонность нанесения;
- технологичность нанесения огнезащитного покрытия;
- момент нанесения покрытия (во время возведения здания или его эксплуатации);
- срок годности материала;
- условия хранения и транспортировки;
- срок службы покрытия;
- требования к декоративному виду;
- санитарно-эпидемиологические свойства;
- стоимость огнезащитного материала и работ по предварительной подготовке конструкций и нанесению огнезащитного покрытия [6, 18, 21].

5.2.4 В нефтехимической и газовой промышленности существует угроза возникновения интенсивных пожаров, которые характеризуются высокой температурой и большой скоростью ее

нарастания. Для таких случаев следует использовать условия углеводородного температурного режима, характеризуемого следующей зависимостью:

$$T - T_0 = 1080 \cdot (1 - 0,325 \cdot e^{-0,167t} - 0,675 \cdot e^{-2,5t}); \quad (1)$$

где  $T$  - температура в печи, соответствующая времени  $t$ , ° С;

$T_0$  - температура в печи до начала теплового воздействия (принимается равной температуре окружающей среды)  $t$ , ° С;

$t$  - время, исчисляемое от начала испытания, мин [22].

5.2.5 На основании многочисленных экспериментов и многолетнего опыта исследований различных средств огнезащиты, в том числе на объектах защиты, специалистами ФГБУ ВНИИПО МЧС России предпринята попытка сравнения факторов и воздействий, влияющих на огнезащитную эффективность средств огнезащиты при проведении лабораторных испытаний и при их эксплуатации (таблица 2), в которой указываются преимущества и недостатки различных методов огнезащиты в зависимости от условий применения. Для сравнения приведена оценка трех основных видов средств огнезащиты: конструктивная огнезащита материалами, составы (штукатурки) и вспучивающиеся (интумесцентные) огнезащитные покрытия. В таблице применена субъективная балльная система оценки факторов на основе имеющихся опытных данных и данных по результатам контрольных обследований объектов защиты [18].

5.2.6 Подготовка поверхности под монтаж конструктивной огнезащиты осуществляется в соответствии с ТД и Инструкцией (Технологическим регламентом) по монтажу конструктивной огнезащиты.

5.2.7 Подготовка поверхности под конструктивную огнезащиту, как правило, должна состоять из следующей последовательности операций:

- удаление дефектов поверхности проводится в процессе изготовления конструкций до начала очистных работ, затем производится механическая обработка острых кромок радиусом не менее 2 мм, удаление наплывов брызг от сварки и зачистка сварочных швов согласно ГОСТ 9.402 [23];
- удаление растворимых солей осуществляется методом обмыва пресной водой высокого давления;
- удаление продуктов коррозии, прокатной окалины, предыдущих покрытий;
- обезжиривание поверхности металлоконструкций проводится перед применением абразивоструйной обработки вытиранием ветошью, смоченной в растворителе, до полного удаления жиров в соответствии с ГОСТ 9.402 [23] до степени не более 1;
- очистка внутренней поверхности труб осуществляется дробеочисткой;
- для нанесения ЛКП необходима очистка поверхности до степени не более 2 по ГОСТ 9.402 [23] или не менее Sa 2 ½ по ИСО 8501-1 [24];

– поверхность металлоконструкций перед нанесением защитного покрытия должна быть обеспылена продувкой сухим очищенным сжатым воздухом или с помощью вакуумных устройств до степени не более 3 по ИСО 8502-3[25].

Таблица 2 – Сравнение факторов и воздействий, влияющих на огнезащитную эффективность средств огнезащиты

№ п/п	Фактор воздействия	Степень влияния факторов и воздействий на различные типы огнезащиты (баллы): 3 – сильно; 2 – средне; 1 – слабо, - не влияет		
		Интумесцентные покрытия (краски, шпаклевки)	Конструктивная огнезащита (облицовка материалами)	Штукатурные составы
<i>При лабораторных испытаниях</i>				
1	Толщина покрытия	3	3	3
2	Приведенная толщина металла	2	2	2
3	Коэффициент вспучивания (хим. состава покрытия)	3	-	-
4	Адгезия (марка грунта, хим. состав, качество поверхности)	3	-	2
5	Стабильность пенококса (плотность, устойчивость к осыпанию, образованию трещин, «сползанию»)	3	-	-
6	Наличие защитно-декоративного покрытия	2	-	-
7	Способ нанесения (ручной, механизированный)	1	-	1
8	ТФХ материал (плотность, теплопроводность, теплоемкость)	-	3	3
9	Огнеупорность (устойчивость к осыпанию, образованию трещин, выгоранию)	-	2	2
10	Способ крепления	-	2	-
<i>При эксплуатации (хранение, нанесение, срабатывание при пожаре)</i>				
11	Условия хранения и транспортировки	3	1	1
12	Температурно-влажностные условия эксплуатации	3	1	1
13	Срок годности	3	1	2
14	Срок эксплуатации	3	1	1
15	Температурный режим реального пожара (тлеющий, углеводородный)	3	1	1

5.2.8 Контроль качества конструктивной защиты и операций по монтажу осуществляется в соответствии с технической документацией. Работы проводятся Исполнителем после осуществления входного контроля каждой партии используемого материала на соответствие требованиям ТД. Результат входного контроля оформляется Актом входного контроля. Контроль выполнения технологических операций при нанесении и контроль качества осуществляет Исполнитель при участии представителя Заказчика.

5.2.8 Исполнитель работ по нанесению системы покрытий и представитель Заказчика должны иметь комплект измерительных приборов и оборудования для входного контроля качества средства огнезащиты, контроля качества при подготовке поверхности к окрашиванию, нанесению готового защитного покрытия. Все измерительные приборы и оборудование должны иметь действующее свидетельство о поверке (калибровке).

5.2.9 Контроль качества на всех этапах осуществляют работники соответствующей квалификации, имеющие доступ на проведение данных работ. Специалисты неразрушающего контроля должны быть аттестованы в соответствии с требованиями ПБ 03-440-02 [26].

5.2.10 Контроль должен осуществляться на всех стадиях противокоррозионных, огнезащитных и финишных (с использованием декоративных или специальных покрытий) работ. Результаты пооперационного контроля качества монтажа на всех этапах фиксируют в Журнале производства огнезащитных работ. По окончании проведения работ по огнезащите составляется Акт приемки.

5.2.11 Контроль эффективности огнезащиты в процессе эксплуатации осуществляется в случае растрескивания, отслоения и набухания огнезащитного покрытия, возникновения пузырей и коррозии на ее поверхности, которые появились после сдачи объекта, а также по истечении определенного настоящими рекомендациями срока службы.

5.2.12 Руководитель организации обеспечивает устранение повреждений толстослойных напыляемых составов, огнезащитных обмазок, штукатурки, облицовки плитными, листовыми и другими огнезащитными материалами, в том числе на каркасе, комбинации этих материалов, в том числе с тонкослойными вспучивающимися покрытиями строительных конструкций, горючих отделочных и теплоизоляционных материалов, воздухопроводов, металлических опор оборудования и эстакад, а также осуществляет проверку состояния огнезащитной обработки (пропитки) в соответствии с инструкцией завода-изготовителя с составлением протокола проверки состояния огнезащитной обработки (пропитки). Проверка состояния огнезащитной обработки (пропитки) при отсутствии в инструкции сроков периодичности проводится не реже 1 раза в год [5].



5.2.13 Оценка состояния огнезащитной обработки в течение всего гарантийного срока проводится путем визуального контроля и контроля с использованием контрольно-измерительных приборов.

5.2.14 Отбор образцов покрытия конструкций для испытаний производится в количестве не более 5 штук на каждые 1000 м<sup>2</sup> поверхности огнезащитного покрытия с составлением акта отбора образцов. Площадь каждого образца должна быть не менее 2 см<sup>2</sup>. Огнезащитное покрытие в местах отбора ремонтируется с применением того же материала, что был нанесен ранее.

5.2.15 Отбор образцов-идентификаторов средства огнезащиты производится на предприятии - изготовителе огнезащитного состава с составлением акта отбора образцов. Образцы-идентификаторы должны соответствовать требованиям ТД предприятия - производителя средства огнезащиты.

5.2.16 Результаты испытаний образцов, отобранных со строительных конструкций, сравниваются с аналогичными результатами, полученными для образцов-идентификаторов. Сравнению подлежат значимые характеристики термического анализа по ГОСТ Р 53293 [27], полученные на приборах одного класса и при одинаковых условиях эксперимента: масса, форма и размер образцов; форма, размер и материал тигля; вид газа динамической атмосферы и расход газа; скорость нагревания.

5.2.17 Оценку результатов проводят согласно [27] (п.7). При расхождении результатов с образцами-идентификаторами более 20%, покрытие рекомендуется заменить.

5.2.18 Техническая документация огнезащитный состав (покрытие) проверяется на содержание следующих показателей и характеристик огнезащитных составов:

- вид средства огнезащиты;
- группы огнезащитной эффективности;
- расход огнезащитного состава обеспечения для требуемой группы огнезащитной эффективности;
- толщина огнезащитного покрытия, обеспечивающую требуемую группу огнезащитной эффективности;
- технические характеристики огнезащитного состава на соответствие требованиям настоящих рекомендаций;
- сведения по технологии нанесения: способы подготовки поверхности, виды и марки грунтов, клеящих составов, количество слоев, условия сушки, способы крепления и порядок изготовления (монтажа);
- виды и марки дополнительных (защитных, декоративных) поверхностных слоев огнезащитных составов в случае их применения;

- гарантийный срок и условия хранения средства огнезащиты;
- мероприятия по технике безопасности и пожарной безопасности при хранении огнезащитных составов и производстве работ;
- гарантийный срок и условия эксплуатации (предельные значения влажности, температуры окружающей среды и т.п.);
- возможность и периодичность замены или восстановления в зависимости от условий эксплуатации;
- сведения о технологии подготовки ОЗС к огнезащитной обработке (если поставка ОЗС осуществляется не в готовом для применения виде);
- методы контроля качества и приемки выполненной огнезащитной обработки.

К технической документации должны прикладываться документы о соответствии представленного огнезащитного состава обязательным требованиям ст.150, [3] и проект огнезащиты согласно п.9.2 настоящих рекомендаций и [28].

5.2.19 В случае строительства зданий и сооружений в сейсмически опасном районе, к технической документации должны прикладываться протоколы испытаний или расчеты о соответствии средств огнезащиты требованиям [20], п.9.2.

## **6 Классификация средств огнезащиты для стальных конструкций**

6.1. **По виду и способу нанесения** огнезащитные составы и материалы подразделяются на тонкослойные покрытия (ЛКМ), конструктивные материалы и комбинированные [6, 18, 21] (рис.1). Составы, образующие покрытия, подразделяются на следующие виды:

- тонкослойные вспучивающиеся (интумесцентные краски);
- толстослойные напыляемые составы;
- огнезащитные обмазки.

Огнезащитные штукатурки могут быть отнесены к двум последним типам. Однако, как правило, штукатурное покрытие не вспучивается, обладает толщиной от 10 до 30 мм и обеспечивает пределы огнестойкости до 240 мин в зависимости от массивности конструкции. Цементно-песчаная штукатурка рекомендуется для защиты колонн, ригелей, связей и узлов сопряжения между элементами. Нанесение штукатурных растворов осуществляется полусухим торкретированием или набрызгом.

**Сухой способ** включает в себя противопожарную изоляцию в виде плит или сборных деталей, таких как минераловатные плиты, вермикулитовые плиты, гипсовая штукатурка, подвес-

ные потолки. Среди сухих способов огнезащиты широко используются крупноразмерные листовые и плитные облицовки. К огнезащитным крупноразмерным облицовкам относятся гипсокартонные и гипсоволокнистые листы, перлитовые плиты, минераловатные плиты, которые могут быть жесткими, мягкими и рулонными (на основе базальтового или муллитно-кремнеземистого волокна). Закрепление листов и плит на поверхности конструкций осуществляется с помощью крепежных элементов или с помощью клеевых составов. Вермикулитовые плиты для огнезащиты изготавливают прессованием из вермикулита и силикатного вяжущего. Плиты крепятся к поверхности колонн специальным негорючим составом. Возможно также крепление плит винтами между собой с образованием короба. Прогрев конструкций значительно уменьшается, если крепление облицовки к поверхности производить с воздушной прослойкой. Подвесные потолки применяются для защиты горизонтальных конструкций покрытий и перекрытий со стальными балками и являются конструктивно-функциональными элементами. В качестве экранов подвесных потолков используются: гипсокартонные листы, облегченные перфорированные плиты с наполнением минеральной ватой.

**Влажный способ** включает противопожарную изоляцию, использующую напыляемые минеральные материалы с неорганическим вяжущим, огнезащитные штукатурки, огнезащитные вспучивающиеся краски и составы, традиционные способы огнезащиты цементнопесчаной штукатуркой, обетонирование, облицовку кирпичом. Напыляемые минеральные материалы с неорганическим вяжущим чаще всего применяют в виде цементно-перлитовых, цементно-вермикулитовых составов плотностью 240-400 кг/м<sup>3</sup>, которые обладают высокой адгезионной способностью к металлическим поверхностям. Составы наносятся на поверхность конструкций механизированным способом. Толщина покрытия составляет от десяти до 60 миллиметров в зависимости от необходимой огнестойкости [18].

6.2. По виду защищаемого материала подложки средства огнезащиты подразделяются на средства огнезащиты для металлических, железобетонных, деревянных конструкций.

6.3. По виду защищаемой конструкции и изделий: средства огнезащиты для конструкций несущих и самонесущих металлических, железобетонных, деревянных, алюминиевых конструкций, конструкций воздуховодов, кабельных проходок, кабелей, тканей.

6.4. В зависимости от срока службы и условий эксплуатации устанавливаются 16 категорий СЗП: 12 категорий для общих и 4 категории для специальных условий эксплуатации [29].

Общие условия эксплуатации СЗП в соответствии с [29] устанавливаются в зависимости от климатических условий и категории размещения защищаемого объекта в диапазоне температур от минус 70 °С до 45 °С.

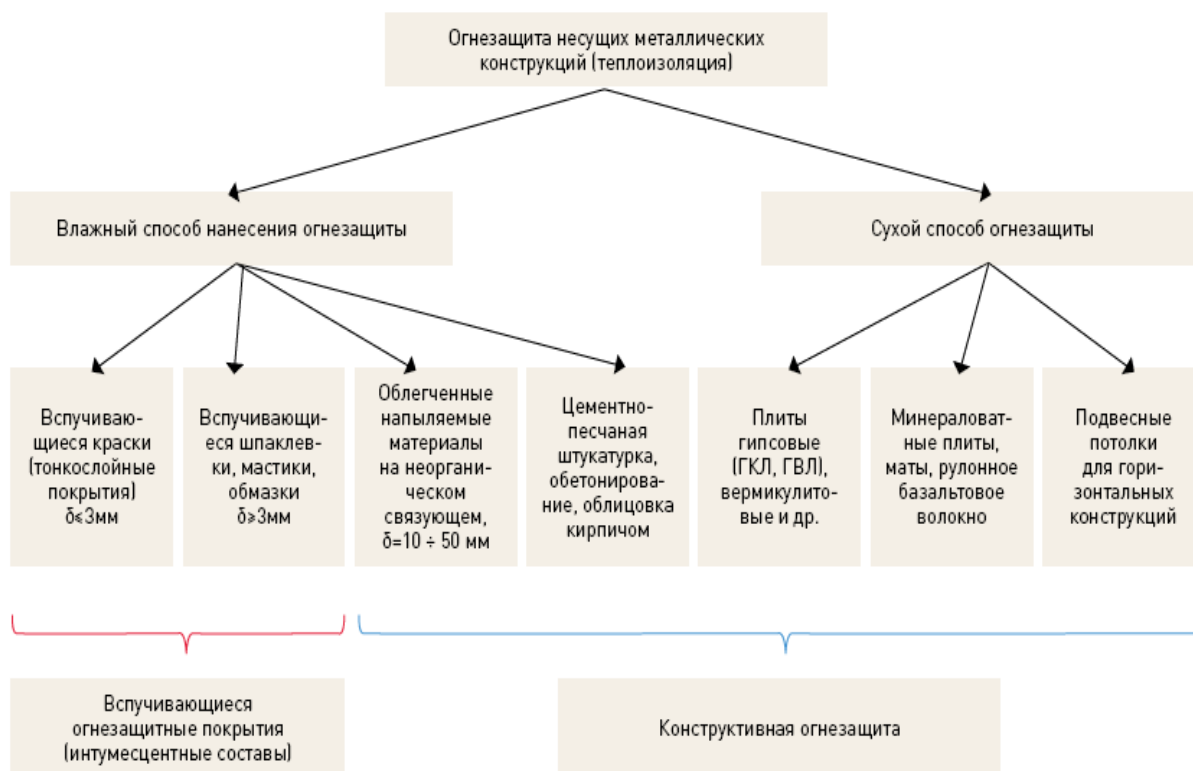


Рисунок 1 – Общая схема по средствам и способам огнезащиты несущих металлических конструкций [18]

### 6.5. По виду химического состава (для покрытий):

- водоразбавляемые (естественная сушка);
- органоразбавляемые (естественная сушка);
- безрастворные (эпоксидные, кремнийорганические – отверждение за счет химической реакции). Безрастворные составы, как правило, многокомпонентные (состоят из основы и отвердителя). Огнезащитные составы могут выпускаться в виде жидких готовых к применению ЛКМ, либо многокомпонентных составов, либо в виде сухих смесей, требующих приготовления готового ЛКМ непосредственно на строительной площадке.

## 7 Технические требования к конструктивной огнезащите

### 7.1 Плитные и листовые материалы

8.1.1 Плиты концерна PROMAT (PROMATECT-H (рисунок 2), PROMATECT-L500) [30] представляют собой силикатные плиты на цементном вяжущем, невосприимчивые к влажности, крупноформатные и самонесущие. Для отделки поверхностей из плит PROMATECT-H пригодны:



Рисунок 2 – Плита PROMATECT-N



Плита PROMATECT-L500

- декоративные штукатурки различного вида на основе гидравлически схватывающихся растворов;
- дисперсии синтетических материалов;
- дисперсионные краски, лаки на основе синтетических смол, полиуретановые лаки, покрытия из жидкой пластмассы на основе эпоксидных смол или ПВХ и др.

8.1.2 Плиты PROMATECT®-Н применяются для нанесения на керамические покрытия, Возможно наклеивание керамической плитки и мозаик, а также тонкой клинкерной плитки. В качестве клея может использоваться гидравлически схватывающийся раствор, дисперсионный клей и клей на основе эпоксидных смол. Также возможна облицовка плит натуральным камнем с помощью дополнительных анкеров из нержавеющей стали. Данные по материалу представлены в таблицах 3 – 5.

Таблица 3 – Свойства плиты PROMATECT®-Н

№ п/п	Характеристика	Значение
1	Плотность $\rho$	ок. 870 кг/м <sup>3</sup>
2	Содержание влаги	ок. 5 – 10 % (воздушносухая)
3	Щелочность (значение pH)	ок. 12
4	Теплопроводность $\lambda$	ок. 0,175 Вт/м К
5	Сопrotивляемость диффузии паров воды $\mu$	ок. 20,0

Таблица 4 – прочностные характеристики плиты PROMATECT®-Н

№ п/п	Прогиб $\leq$ длина/250, запас прочности $\geq 3$	
1	Прочность при изгибе $\sigma$	ок. 7,6 Н/мм <sup>2</sup> (по длине плиты)
2	Прочность при растяжении $Z$	ок. 4,8 Н/мм <sup>2</sup> (по длине плиты)
3	Сопrotивление сжатию	ок. 9,3 Н/мм <sup>2</sup> (перпендикулярно плас-ти)
4	Модуль упругости E	ок. 4200 Н/мм <sup>2</sup> (по длине плиты), ок. 2900 Н/мм <sup>2</sup> (по ширине плиты)

Таблица 5 – свойства плиты PROMATECT®-H

№ п/п	Свойство	Показатель
1	Горючесть	негорючая, ГОСТ 30244-94
2	Структура поверхности	лицевая — гладкая, обратная — вафельная
3	Утилизация	Как строительные отходы класс I (ЕАК-индекс 17 00 00)
4	Складирование	в сухом месте

Таблица 6 – Характеристики плиты PROMATECT-L500

№ п/п	Характеристика	Значение
1	Плотность $\rho$	ок. 500 кг/м <sup>3</sup>
2	Содержание влаги	ок. 3 – 5 % (воздушносухая)
3	Щелочность (значение pH)	ок. 9
4	Теплопроводность $\lambda$	ок. 0,09 Вт/м К
5	Сопrotивляемость диффузии паров воды $\mu$	ок. 3,2

Таблица 7 – Прочностные характеристики PROMATECT-L500

№ п/п	Прочность (прогиб $\leq$ длина/250, запас прочности $\geq$ 3)	
1	Прочность при изгибе $\sigma$	ок. 3,0 Н/мм <sup>2</sup> (по длине плиты)
2	Прочность при растяжении $Z$	ок. 1,2 Н/мм <sup>2</sup> (по длине плиты)
3	Сопrotивление сжатию	ок. 5,5 Н/мм <sup>2</sup> (перпендикулярно)

Таблица 8 – Свойства PROMATECT-L500

№ п/п	Свойство	Показатель
1	Горючесть	негорючая, ГОСТ 30244-94
2	Структура поверхности	лицевая — гладкая, обратная — мелк. вафельная
3	Утилизация	Как строительные отходы класс I (ЕАК-индекс 17 00 00)
4	Складирование	в сухом месте

8.1.2 Плиты концерна SVT (PYRO-SAFE AESTUVER-T (рис. 4) [31]. PYRO-SAFE AESTUVER T - противопожарные плиты из стекловолоконного лёгкого бетона для защиты металлических и бетонных конструкций, в том числе для эксплуатации в агрессивных условиях атмосферы (например, огнезащита конструкций нефтеперерабатывающих заводов и химических предприятий) и для подземных дорожно-транспортных сооружений (тоннелей). Плиту используют для строительной огнезащиты благодаря её надёжным свойствам, прежде всего в областях с постоянной и меняющейся водной нагрузкой и/ или с высокой механической нагрузкой. PYRO-SAFE AESTUVER T - это невоспламеняющаяся, чисто-минеральная, гидравлически-скреплённая, противопожарная плита из стекловолоконного лёгкого бетона.

Главные компоненты многослойной плиты (сэндвич-плиты) из стекловолоконного лёгкого бетона: цемент как вяжущее вещество, стекловолокна с высокой щёлочестойкостью как арматура, перлиты как лёгкий наполнитель.



Рисунок 4 – плиты PYRO-SAFE AESTUVER-T (слева); Proplate HP панели (справа)

Таблица 9 - Характеристики панели PYRO-SAFE AESTUVER T

№ п/п	Характеристика	Однослойная панель	Многослойная панель
1	2	3	4
1	наименование материала	Легкий бетон, армированный стекловолокном, безасбестовые	
2	Класс строительных материалов	A1, негорючий согласно DIN 4102, часть 4, 2.2.1d	
3	Цвет	Серый	
4	Стандартная толщина плиты, мм	10	15, 20, 25, 30, 40, 60
5	Объемный вес (сухой)	около 980 кг/м <sup>3</sup>	690 кг/м <sup>3</sup>
6	Теплопроводность	около 0,185 Вт/(мК)	около 0,132 Вт/(мК)
7	Влажность воздуха (воздух сухой)	около 7%	
8	Поглощение влаги (при относительной влажности 95%)	≤ 5.0%	
9	Поглощение воды (резервуары для воды)	≤ 25.0 массы %	
10	Величина усадки / упругости	0,6 мм/м	0,8 мм/м
11	(При 30% относительной влажности)	± 1 мм	
12	Допустимая длина и ширина стандартных панелей	± 1 мм	
13	Допустимая толщина панели Standart	≥4500 Н/мм <sup>2</sup>	≥2000 Н/мм <sup>2</sup>
14	Модуль упругости E	≥7.5 Н/мм <sup>2</sup>	≥3.5 Н/мм <sup>2</sup>
15	Предел прочности на разрыв и прочность на изгиб	18.0 Н/мм <sup>2</sup>	9.0 Н/мм <sup>2</sup>
16	Сопротивление смещению (в соответствии со стандартами DIN 18555)	около 12	
17	Щелочность (pH)	не гниет и не плесневеет	

PYRO-SAFE AESTUVER T имеет плотную и равномерно распределённую волокнистую структуру через всё поперечное сечение плиты. Этот метод позволяет производство тонких плит с высоким пределом прочности сжатия и растяжении при изгибе и с высоким сопротивлением истирания. Гладкие, стабильные поверхности и гомогенные швы допускают различные возможности эксплуатации и обработки.

8.1.3 Плиты концерна KNAUF (Файерборд, Аквапанель, ГВЛ) [32] (рис. 5). Негорючие плиты КНАУФ-Файерборд специально разработаны фирмой КНАУФ для обеспечения повышенных требований в области пожарной безопасности зданий и сооружений. КНАУФ-Файерборд выглядит как обычная гипсовая плита, но обладает высокими огнеупорными свойствами. Многократные испытания показали, что КНАУФ-Файерборд может сдерживать пламя более часа, не теряя технологических свойств; применяется в качестве огнезащитного облицовочного материала в каркасно-обшивных конструкциях перегородок, облицовок стен и подвесных потолков на путях эвакуации и в зальных помещениях в зданиях различного функционального назначения, этажности и вместимости, в других строительных конструкциях, где согласно требованиям пожарной безопасности предусмотрено применение негорючих строительных материалов (НГ) класса пожарной опасности КМ0.

Кнауф- аквапанель предназначена для облицовки стен, устройства перегородок и подвесных потолков в помещениях с влажным и мокрым режимом эксплуатации: зон вокруг бассейнов в частном и общественном секторах, отделке кухонь и зон, где производится ежедневная влажная уборка, душевых, автомобильных моек, прачечных, гаражей и подвалов. Изготавливается из цементного вяжущего с легким заполнителем (керамзитовый песок) с добавлением антисептиков и армированием с двух сторон стеклотканевой сеткой. Согласно ТУ листы могут иметь допуски по ширине – до 1,8 мм в меньшую или большую сторону, по длине - до 2,4 мм в меньшую или большую сторону, по толщине – до 0,5 мм в меньшую или большую сторону.

Гипсоволокнистый лист KNAUF предназначен для устройства конструкций сборных оснований пола. Устройство обогреваемых полов рекомендуется по поверхности стяжки из листов ГВЛ, при этом монтаж производится в соответствии с рекомендациями производителя теплых полов. Влагостойкие гипсоволокнистые листы имеют специальную гидрофобную пропитку и поэтому могут применяться в помещениях с повышенной влажностью (в ваннах, санузлах и кухнях). Изготавливается путем прессования смеси гипсового вяжущего и волокон распушенной макулатуры, равномерно распределенных по всему объему листа. Лицевая поверхность листа отшлифована и обработана пропиткой против меления.





Рисунок 5 – Кнауф- аквапанель (слева), КНАУФ-Файерборд (справа)

8.1.4 Плиты концерна Saint Gobein (GLASROCF) [34]. На рисунке 6 представлено графическое изображение плиты Glasroc F. Glasroc F (Гласрок Ф) — огнезащитная плита — экологичный листовой отделочный материал, состоящий из гипсового сердечника, армированного по объему стекловолокном и усиленного нетканым стеклополотном с двух сторон. С лицевой и тыльной стороны нетканое стеклополотно защищено тонким ровным слоем (1–1,5 мм) гипсового раствора. С лицевой стороны Glasroc F имеет твердую гладкую белую поверхность, не требующую финишной отделки. Glasroc F предназначен для огнезащиты несущих металлических конструкций и НГ облицовки стен, потолков, перегородок во всех типах зданий и сооружений. Конструкции с применением Glasroc F обеспечивают огнестойкость до 240 минут. Для повышения предела огнестойкости стальных конструкций до нормируемых значений возможно применять облицовку из гипсофибровых листов «Glasroc F» в жилых, общественных и производственных зданиях всех степеней огнестойкости, возводимых в любых районах страны при любых инженерно-геологических условиях (в т.ч. сейсмике). При этом влажностный режим может быть сухим, нормальным или влажным при отсутствии агрессивных сред. Негорючие гипсофибровые листы Glasroc F применяются для повышения огнестойкости строительных конструкций. Лист не содержит горючих элементов, следовательно, имеет класс пожарной опасности строительного материала КМ0.

Таблица 10 - Физико-технические характеристики плит GLASROC F

№ п/п	Толщина плиты, мм	15	20	25	30
1	Ширина, мм	1200	1200	1200	1200
2	Длина, мм	2000, 2400	2000	2000	2000
3	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	850	850	850	850
4	Вес, кг/м <sup>2</sup>	12.8	17	21.3	25.5
5	Коэффициент теплопроводности, Вт/м*К	0.3			
6	Группа горючести, класс пожарной опасности	НГ/КМ0			



Рисунок 6 - Glasroc F (Гласрок Ф)



Рисунок 7 - Стекломагниевый лист

8.1.5 Стекломагнезитовый лист (СМЛ, новолит, стройлист, магнезит, стекломагнезит, магнезитовая плита, СМЛ Премиум-Эталон) — листовой строительно-отделочный материал на основе магнезильного вяжущего. В его состав входят: каустический магнезит, хлорид магния, вспученный перлит и стеклоткань в качестве армирующего материала. В производстве стекломагнезиевого листа может дополнительно применяться нетканый материал из синтетических волокон (рис.7).

СМЛ используется для внутренней отделки стен, при изготовлении перегородок, при подготовке полов и облицовке потолков. СМЛ легко поддается механической обработке (резка, пиление, сверление). Монтаж во многом схож с технологией монтажа гипсокартона, но поскольку СМЛ более тверд, то при монтаже шурупами или саморезами рекомендуется предварительно засверлить углубление под шляпку (при плотности листа более  $1200 \text{ кг/м}^3$ ). Для закрепления листов с самой широко распространённой на рынке плотностью ( $980\text{-}1050 \text{ кг/м}^3$ ) это не требуется. Рекомендуется использовать оцинкованный (белый цинк) универсальный саморез с потайной головкой диаметром 4,5-5,0 мм. Стыки между листами шпатлюются акриловой либо силиконовой шпаклёвкой (или герметиком) с малярным скотчем. При использовании деревянного каркаса не рекомендуется использовать минеральные шпаклевки на гипсовой или цементной основе. В соответствии с [3] относится к категории Г1 (слабогорючий) - при плотности менее  $800 \text{ кг/м}^3$  и НГ (негорючий) при плотности более  $800 \text{ кг/м}^3$ .

СМЛ обладает следующими параметрами:

- влажность: 9-11 %;
- толщина: 6, 8, 10, 12, (14, 16, 18, 20 мм - заказная позиция) мм;
- сила сопротивления к изгибу (влажное состояние): 21-22 МПа;

- плотность СМЛ: 0.7-1.1 г/см<sup>3</sup>;
- сила сопротивления к изгибу (сухое состояние): 15-17 МПа;
- изменение формы при влажности: не более 0,34 процентов;
- водоотталкивание: более 95%;
- теплопроводность СМЛ: 0.21 Вт/м0С;
- водопоглощение: 25-40 процентов;
- коэффициент сжатия (усадки) при нагревании: не превышает 1,2%;
- тепловое сопротивление (сопротивление теплопроводности): 1,14 м<sup>2</sup>К/Вт ;
- стекломагнийевый лист размер - 1200x2500 мм;
- звукоизоляция составляет 44 дБ;
- морозоустойчивость: выше 50 циклов;
- влагустойчивость: задняя стенка является водостойкой (без возникновения капель с другой стороны), устойчив к плесневым грибкам и влаге;
- сопротивление удару (ударная прочность) – отсутствие проникающих повреждений, расколов, трещин;
- Огнеупорность: при толщине материала (лист) 6 мм он может удерживать огонь 120 минут, выдерживая нагрев до 1200 С (класса А).

8.1.8 Фиброцементная плита [35]. На рисунке 9 представлено графическое изображение фиброцементной плиты.



Рисунок 8 - Фиброцементная плита

Фиброцементные плиты и панели (таблица 11) — самый популярный материал фасадной отделки во всех сферах гражданского строительства. Они удобны в монтаже, имеют яркую и разнообразную поверхность гладкую и фактурную, легко режутся, очень долговечны, имеют сравнительно низкие цены. Навесной вентилируемый фасад с использованием фиброцементных плит - одно из самых эстетичных и экономически выгодных решений для фасада.

Фиброцементные плиты представляют собой прямоугольные листы с гладкоокрашенной или фактурной лицевой поверхностью. Торцевые края плиты окрашены, на обратную сторону плиты (не лицевую) наносится специальный слой грунтовки. Основой плиты является прессованный лист фиброцемента торговой марки Латонит, автоклавированный, его толщина обычно 8 мм, но возможно и 6 мм или 10 мм.

7. 1.9 Материалы Роквул [36]. На рисунке 9 представлены графические изображения некоторых материалов из широкой линейки компании РОКВУЛ. FT BARRIER – жёсткие гидрофобизированные теплоизоляционные плиты, изготовленные из каменной ваты на основе базальтовых горных пород. Плиты из каменной ваты FT BARRIER используются для огнезащиты и теплоизоляции железобетонных плит перекрытия.

Таблица 11 – Характеристики фиброцементной плиты

№ п/п	Наименование	ед. изм.	Показатели
1	Предел прочности при изгибе, не менее	МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	22 (220)
2	Плотность, не менее	г/см <sup>3</sup>	1,55
3	Ударная вязкость, не менее	кДж/м <sup>2</sup>	2,0
4	Морозостойкость, не менее	цикл	150
5	Огнестойкость		Г1*
6	Остаточная прочность, после испытания на морозостойкость, не менее	%	90
7	Стойкость к воздействию климатических факторов, при 90 циклах испытаний по ГОСТ 9.401: по защитным свойствам по декоративным свойствам		не хуже АЗ1 не хуже АД2
8	Стойкость к статическому воздействию жидкостей, при экспонировании, в течении 24 часов, по ГОСТ 9.403: в 5% растворе едкого натра в 3% растворе морской соли в 0,5% растворе серной кислоты		не хуже АД1 АЗ1 не хуже АД1 АЗ1 не хуже АД2 АЗ1
9	Условная светостойкость		Изменения внешнего вида и цвета отсутствуют
10	Адгезия, после воздействия климатических факторов	балл	1
11	Класс пожарной опасности		НГ



FT BARRIER



FT BARRIER D

Рисунок 9 – Плиты компании Роквул

Таблица 12 - Технические характеристики FT BARRIER (РОКВУЛ)

№ п/п	Параметр	Значение
1	Плотность	110 кг/м <sup>3</sup>
2	Теплопроводность	$\lambda_{10} = 0,036$ Вт/(м·К)
3	Теплопроводность	$\lambda_{25} = 0,038$ Вт/(м·К)
4	Теплопроводность	$\lambda_A = 0,040$ Вт/(м·К)
5	Теплопроводность	$\lambda_B = 0,042$ Вт/(м·К)
6	Группа горючести	НГ
7	Прочность на сжатие при 10 % деформации, не менее	20 кПа
8	Предел прочности на отрыв слоев, не менее	7,5 кПа
9	Водопоглощение при кратковременном и частичном погружении, не более	1,0 кг/м <sup>2</sup>
10	Паропроницаемость, не менее	$\mu = 0,30$ мг/(м·ч·Па)

FT BARRIER D – базальтовые двухплотностные плиты с гидрофобизирующей пропиткой на синтетическом связующем. Материал предназначен для тепло-звукоизоляционных работ и огнезащиты железобетонных плит перекрытий всех типов зданий, используется в системе ROCKFIRE. Плиты имеют комбинированную структуру: верхний прочный слой (толщина 30 мм, плотность 100 кг/м<sup>3</sup>) и нижний, более мягкий слой (толщина 50-170 мм, плотность 50 кг/м<sup>3</sup>).

Продукт предназначен для систем конструктивной огнезащиты железобетонных плит перекрытий, в том числе с использованием систем внешнего армирования композитными материалами.

Таблица 13 - Технические характеристики FT BARRIER D

№ п/п	Параметр	Значение
1	Теплопроводность	$\lambda_{10} = 0,034 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$
2	Теплопроводность	$\lambda_{25} = 0,036 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$
3	Группа горючести	НГ
4	Водопоглощение при кратковременном и частичном погружении, не более	1,0 кг/м <sup>2</sup>
5	Содержание органических веществ по массе	не более 3,2 %
6	Водостойкость (рН)	не менее 3,0
7	Класс пожарной опасности материала	КМ0

#### 7.1.10 Теплоизоляционные материалы Корпорации ТехноНИКОЛЬ (рис.10).

Для предотвращения действия пожара Корпорацией ТехноНИКОЛЬ разработаны новые теплоизоляционные материалы на основе каменной ваты, предназначенные для использования в системах огнезащиты:

- металлоконструкций;
- профилированного стального настила
- железобетонных конструкций;
- воздуховодов.

Новые системы огнезащиты соответствуют всем требованиям нормативно-технической документации, которые предъявляются при строительстве multifunctional высотных зданий и комплексов. В приложении Б представлены чертежи технических решений по огнезащите стальных конструкций огнезащитными материалами Корпорации ТехноНИКОЛЬ [37].



Рисунок 10 - Теплоизоляционные материалы на основе каменной ваты  
Корпорации ТехноНИКОЛЬ



## 7.2 Рулонные материалы

8.2.1 Система защиты металлоконструкций состоит из рулонного материала прошивного базальтового огнезащитного рулонного (МБОР и его аналогов – МПБОР, ВМБОР, ВБОР и т.д.). МБОР изготавливают с помощью прошивки слоев супертонкого базальтового волокна без использования связующего, вязально-прошивным способом с обкладочным материалом (алюминивая фольга) или без него (рисунок 11). В настоящее время на территории РФ существует около 20 предприятий, производящих штапельное базальтовое супертонкое волокно (БСТВ). Характеристики БСТВ различных производителей сопоставимы и отличаются на 10 – 20% (Таблица 14). При этом, характеристики конечной продукции (огнезащитного материала) различаются в разы (см. Приложение В), в связи с этим необходимо тщательно подходить к выбору материала, проводить экспертизу технической документации и протоколов испытаний. Рекомендуется проводить повторные лабораторные и межлабораторные испытания для обнаружения подделок (контрафакта в данном контексте) и недобросовестных поставщиков (производителей) продукции и услуг по монтажу (нанесению) огнезащиты.

8.2.2 БСТВ стойко к высоким температурам, до 700 °С, кратковременно до 900 °С, продукция относится к группе негорючих материалов (НГ), применяется для повышения пределов огнестойкости воздуховодов и металлоконструкций, а также используется в качестве покрытия аппаратуры, бытового и промышленного оборудования, транспортных средств; применяется как звукоизолирующий слой.



Рисунок 11 – МБОР (слева), БСТВ на фольге (справа)

Таблица 14 - Технические характеристики МБОР (МБОР-5)

1	Плотность, кг/м <sup>3</sup> , не более	100
2	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup> , не более	500
3	Теплопроводность, Вт/мК, не более	
	при температуре: 298± 5К (25± 5 <sup>0</sup> С)	0,045
	398± 5К (125± 5 <sup>0</sup> С)	0,055
	573± 5К (300± 5 <sup>0</sup> С)	0,090
4	Коэффициент фильтрации, м/с, не более	0,09
5	Влажность по массе, %, не более	2
6	Диапазон рабочей температуры, °С	от -180 до +700*
7	Температура спекания волокна, ° С	1100
8	Коэффициент звукопоглощения	
	низких частот	0,08-0,3
	средних частот	0,3-0,97
	высоких частот	0,5-0,9
9	Огнезащитная эффективность, час	0,75
*В зависимости от условий применения, свойств обкладочного и прошивного материала.		

8.2.2 Система рулонной огнезащиты производства компании ОАО «Тизол» [38] состоит из материала базальтового огнезащитного рулонного МБОР Ф (фольгированный) толщиной 5-16 мм и огнезащитного состава "ПЛАЗАС" (рисунок 12). Ассортимент марок представлен следующими наименованиями:

- МБОР-5, 8, 10, 13, 16, 20 - материал без покрытия соответствующей толщины;
- МБОР-5Ф, 8Ф, 10Ф, 13Ф, 16Ф, 20Ф материал фольгированный;



Рисунок 12 – Огнезащита стальных конструкций в системе «Плазас» и МБОР-Ф



- МБОР-С-5, 8, 10, 13, 16, 20 - материал с обкладкой стеклотканью с одной стороны;
- МБОР-С2-5, 8, 10, 13, 16, 20 - материал с обкладкой стеклотканью с двух сторон [38].

Таблица 13 - Технические характеристики огнезащитных материалов МБОР-Ф

Предел огнестойкости R, мин		45	60		90			120	
Преведённая толщина металла (п.т.м.) не менее, мм		2,40	3,40	2,40	6,38	4,91	3,35	2,40	7,91
Расчетная толщина покрытия, не менее, мм		8,5	8,5	10,5	10,5	13,5	16,5	20,5	16,5
Нагрузка на защищаемую конструкцию, кг/м <sup>2</sup>		2,8	2,8	3,0	3,0	3,7	4,0	4,0	4,0
Материалы и расход на один м <sup>2</sup> защищаемой поверхности, не менее	МБОР-8Ф м <sup>2</sup>	1,1	1,1						
	МБОР-10 м <sup>2</sup>							1,0	
	МБОР-10Ф м <sup>2</sup>			1,1	1,1			1,05	
	МБОР-13Ф м <sup>2</sup>					1,1			
	МБОР-16Ф м <sup>2</sup>						1,1		1,1
	ПЛАЗАС	Толщина слоя, мм	1,5						
Расход, кг		2,0							

8.2.3 Система «Изовент-М» производства ООО «Кроз», представляет собой комбинированное покрытие на основе базальтового рулонного материала ВБОР, кашированного алюминиевой фольгой, и клеевого состава ПВК-2002, материал может быть каширован алюминиевой фольгой или другим видом покрывного материала (металлическая сетка, стеклянные, базальтовые или кремнеземные ткани и пр.) [39].

Таблица 14 – Технические характеристики ВБОР и «Плазас»

Предел огнестойкости	ПТМ, мм	Толщина МБОР, мм	Расход ПВК-2002 на 1 м <sup>2</sup> поверхности, кг	Толщина слоя ПВК-2002, мм
R 45	3,4	5	0,92	0,8
R 90	3,4	5	3,4	2,9
R 120	2,4	16	2,25	1,9
R 120	3,4	10	1,82	1,52
R 150	3,4	10	3,6	3,7

8.2.4 ООО «Брянский завод теплоизоляционных материалов» производит МПБОР [40] и комплексную систему огнезащиты металлоконструкций (таблица 15).

Таблица 15 - Технические характеристики системы огнезащиты «Огнемат®Мет»

Группа огнезащитной эффективности	Приведенная толщина металла	Состав системы на 1 м.кв. защищаемой поверхности без учета потерь	
		Толщина материала базальтового МПБОР-1Ф	Толщина огнезащитного состава ОГНЕМАТ® Проф
4-я (60 мин)	3,4 мм	5 мм	1,2 мм
	2,4 мм	8 мм	1,8 мм
3-я (90 мин)	3,4 мм	8 мм	1,8 мм
	2,4 мм	16 мм	1,8 мм
2-я (120 мин)	3,4 мм	10 мм	1,8 мм
1-я (150 мин)		13 мм	1,8 мм

8.2.5 Система конструктивной защиты металлоконструкций «ФОБАЗ Мет» состоит из прошивного базальтового рулонного материала ВМБОР-Ф, кашированного алюминиевой фольгой и огнестойкого клеевого состава «Элемент» (таблица 16) [41].

Таблица 16 – Технические характеристики системы ВМБОР и «Элемент»

Предел огнестойкости	ВМБОР-5Ф, м <sup>2</sup>	ВМБОР-8Ф, м <sup>2</sup>	ВМБОР-13Ф, м <sup>2</sup>	ВМБОР-16Ф, м <sup>2</sup>	Состав «Элемент»
R 60, ПТМ не менее 3,4 мм	x				1,5 кг/м <sup>2</sup>
R 60, ПТМ не менее 2,4 мм		x			2,3 кг/м <sup>2</sup>
R 90, ПТМ не менее 3,4 мм		x			1,52 кг/м <sup>2</sup>
R 90, ПТМ не менее 2,4 мм				x	2,0 кг/м <sup>2</sup>
R 120, ПТМ не менее 3,4 мм		x			2,5 кг/м <sup>2</sup>
R 150, ПТМ не менее 3,4 мм			x		2,1 кг/м <sup>2</sup>

8.2.6 Для нанесения рулонных огнезащитных материалов, в общем случае, требуется подготовка поверхности стальных конструкций к монтажу, которая включает в себя очистку поверхности от ржавчины, грязи и жировых загрязнений.

8.2.7 Раскрой материала базальтового производится ножницами или ножом на куски требуемого размера, с учетом нахлеста. Нанесение огнезащитного состава на поверхность осуществляется как вручную, так и агрегатами высокого давления. Расход огнезащитного состава рассчитывается в зависимости от сложности защищаемой конструкции, способа нанесения и квалификации специалиста. Огнезащитные составы (клея)юперед нанесением тщательно перемешиваются до получения однородной массы.

8.2.8 Базальтовый огнезащитный рулонный материал приклеивается на влажный слой огнезащитного состава фольгой наружу. В местах соединения выполняется нахлест не менее 50 мм. Места стыков базальтового материала рекомендуется проклеить алюминиевым скотчем.

8.2.10 При надзоре проведения работ и приемке готовой огнезащитной системы необходимо контролировать соответствие применяемых компонентов систем (базальтовых материалов и огнезащитного состава) технологическому регламенту, сертификатам соответствия, паспорту огнезащитной системы и маркировке.

### 7.3 Штукатурные огнезащитные составы

8.3.1 Штукатурными составами можно обеспечить пределы огнестойкости до 240 минут, при этом работы по их нанесению отличаются высокой производительностью [42].

Таблица 17 - составы и свойства огнезащитных вермикулитовых строительных растворов

№ п/п	Состав (по объему)	Объемный вес, (кг/м <sup>3</sup> )	Прочность, (кг/см <sup>2</sup> )		Толщина слоя (мм)
			На сжатие	На изгиб	
1	Цемент-верм. (1:4)	500	12.5	8.2	13.5
2	Цемент-верм. (1:6)	450	16.8	11.5	31.2
3	Цемент-верм. (1:7)	400	10.8	7.8	13.4
4	Гипс-верм. (1:3)	350	2.5	-	20

8.3.2 Для приготовления указанных составов применяют портландцемент марки не ниже М-400, строительный гипс марки не ниже Г5 и вермикулит фракции 0,6 - 2 мм или мелкодисперсный - до 0,6 мм.

Таблица 18 - Рекомендуемые составы огнезащитных вермикулитовых штукатурных растворов

Состав (по объему) цемент: вермикулит асбест распушенный	Объемный вес,(кг/м <sup>3</sup> )	Толщина слоя,(мм)
1 / 2 / (3-4% от веса цемента)	800 - 900	10 - 13
1 / 1 / (15% от веса цемента)	1100 - 1200	12 - 15

Таблица 19 - Сравнительные характеристики штукатурных составов

Наименование	Состав	Предел огнестойкости	Долговечность	Плотность (кг/м <sup>3</sup> )	Требуемая толщина слоя (мм)
Caico Fendolite ® МЦ[35]	На основе вспученного вермикулита и портландцемента[35]	REI 240	50 лет	-	10
НЕОСПР ЕЙ	на основе вспученного вермикулита, портландцемента и целевых добавок [36]	REI 240	25 лет	490 кг/м <sup>3</sup>	22
Сош-1	Неорганическое-вяжущего со вспученным перлитом и волокнистым органическим наполнителем[37]	REI 180	20 лет	450 кг/м <sup>3</sup>	30
Монокотм-КрилаК	Минерально-вяжущее с добавками[38]	REI 240	50 лет	220 кг/м <sup>3</sup>	10
Vitcas® Premium Fire Cement	Переработанный материал на основе гипса	REI 240	-	-	-
Heat Resistant Plaster	Переработанный материал на основе гипса	REI 240	-	-	5
Vimark BETON FIRE	Переработанный материал на основе гипса	REI 120	-	1300кг/м <sup>3</sup>	10

8.3.3 Эффективными огнезащитными свойствами обладают штукатурные смеси на основе вспученного вермикулита и глиноземистого цемента (М-400) с добавлением асбеста. Такие штукатурные покрытия относятся к группе жаростойких и выдерживают температуры более 800°С

(таблица 17). Штукатурные растворы на цементе можно применять как внутри помещений, так и снаружи. Составы и окрасочные композиции на жидком стекле и гипсе — только для внутренних работ, в помещениях с влажностью не более 85%. В таблице 18 приведены наиболее известные штукатурки для повышения предела огнестойкости несущих конструкций зданий, в таблице 19 - сравнительные характеристики штукатурных составов.

8.3.4 Для штукатурных составов актуальны работы по повышению адгезии и когезии, при соблюдении требований нормативной документации материал должен не растрескиваться и не отслаиваться и образовывать покрытия без стыков и температурных мостиков.

## **8 Повышение пределов огнестойкости несущих металлических конструкций за счет конструктивной огнезащиты**

### **8.1 Пределы огнестойкости несущих металлических конструкций**

8.1.1 Для ориентировочной оценки предела огнестойкости конструкций при их разработке и проектировании можно руководствоваться следующими положениями: ЦНИИСК Пособие по определению пределов огнестойкости конструкций, пределов распространения огня по конструкциям и групп возгораемости материалов [42]:

- предел огнестойкости слоистых ограждающих конструкций по теплоизолирующей способности равен, и, как правило, выше суммы пределов огнестойкости отдельно взятых слоев. Отсюда следует, что увеличение числа слоев ограждающей конструкции (оштукатуривание, облицовка) не уменьшает ее предела огнестойкости по теплоизолирующей способности. В отдельных случаях введение дополнительного слоя может не дать эффекта, например, при облицовке листовым металлом с необогреваемой стороны;

- пределы огнестойкости ограждающих конструкций с воздушной прослойкой в среднем на 10% выше пределов огнестойкости тех же конструкций, но без воздушной прослойки; эффективность воздушной прослойки тем выше, чем больше она удалена от нагреваемой плоскости; при замкнутых воздушных прослойках их толщина не влияет на предел огнестойкости;

- пределы огнестойкости ограждающих конструкций с несимметричным расположением слоев зависят от направленности теплового потока. С той стороны, где вероятность возникновения пожара выше, рекомендуется располагать несгораемые материалы с низкой теплопроводностью;

- предел огнестойкости нагруженных конструкций уменьшается с увеличением нагрузки.

8.1.2 Наиболее напряженное сечение конструкций, подверженное воздействию огня и высоких температур, как правило, определяет величину предела огнестойкости:

- предел огнестойкости конструкции тем выше, чем меньше отношение обогреваемого периметра сечения ее элементов к их площади;
- предел огнестойкости статически неопределимых конструкций, как правило, выше предела огнестойкости аналогичных статически определимых конструкций за счет перераспределения усилий на менее напряженные и нагреваемые с меньшей скоростью элементы; при этом необходимо учитывать влияние дополнительных усилий, возникающих вследствие температурных деформаций;
- возгораемость материалов, из которых выполнена конструкция, не определяет ее предела огнестойкости. Например, конструкции из тонкостенных металлических профилей имеют минимальный предел огнестойкости, а конструкции из древесины имеют более высокий предел огнестойкости, чем конструкции из стали при тех же отношениях обогреваемого периметра сечения к его площади и величины действующих напряжений к временному сопротивлению или пределу текучести. В то же время следует учитывать, что применение сгораемых материалов вместо трудносгораемых или несгораемых может понизить предел огнестойкости конструкции, если скорость его выгорания будет выше скорости прогрева.

8.1.3 Для оценки предела огнестойкости конструкций на основании вышеперечисленных положений необходимо располагать достаточными сведениями о пределах огнестойкости конструкций, аналогичных рассматриваемым по форме, использованным материалам и конструктивному исполнению, а также сведениями об основных закономерностях их поведения при пожаре или огневых испытаниях.

8.1.4 В случаях, когда пределы огнестойкости указаны для однотипных конструкций различных размеров, предел огнестойкости конструкции, имеющей промежуточный размер, может определяться по линейной интерполяции.

8.1.5 Металлические конструкции следует считать не распространяющими огонь (предел распространения огня по ним следует принимать равным нулю – К0).

8.1.6 Предел огнестойкости несущих металлических конструкций зависит от приведенной толщины металла (см. Приложение А). При проектировании зданий предел огнестойкости незащищенных стальных конструкций с приведенной толщиной металла до 1 см разрешается принимать равным 0,25 ч [42].

8.1.7 Обогреваемый периметр металлических конструкций определяется без учета поверхностей, примыкающих к плитам, настилам перекрытий и стенам при условии, если предел огнестойкости этих конструкций не ниже предела огнестойкости обогреваемой конструкции.

Таблица 20 - Пределы огнестойкости несущих металлических конструкций

Краткая характеристика конструкций	Схема конструкции (сечение)	Размеры, см. Привед. толщина	Предел огнестойкости, ч
1. Стальные балки, прогоны, ригели и статически определимые фермы, при опирании плит и настилов по верхнему поясу, а также колонны и стойки без огнезащиты с приведенной толщиной металла $t_{ред}$ , указанной в графе 4		$t_{ред} = 0,3$	0,12 R
		0,5	0,15
		1	0,25
		1,5	0,3
		2	0,35
		3	0,45
2. Стальные балки, прогоны, ригели и статически определимые фермы при опирании плит и настилов на нижние пояса и полки конструкции с толщиной металла $t$ нижнего пояса, указанной в графе 4		$t = 0,5$	0,3
		1	0,35
		1,5	0,45
		2	0,50
		2,5	0,55
		3	0,6
3. Стальные балки перекрытий и конструкций лестниц при огнезащите по сетке слоем бетона или штукатурки		$\alpha = 1$	0,75
		2	1,5
		3	2,5
4. Стальные конструкции с огнезащитой из теплоизоляционной штукатурки с заполнителем из перлитового песка, вермикулита и гранулированной ваты при толщине штукатурки $\alpha$ , указанной в графе 4, и при минимальной толщине элемента сечения $t$ , мм			
4,5-6,5		$\alpha = 2,5$	0,75
		3	1
6,6-10		2	0,75
		2,5	1
		5,5	2,5
10,1-15		1,5	0,75
		2	1
		4	2,5
15,1-20		1,2	0,75
		1,5	1
		3	2,5
20,1-30		0,8	0,75
		1	1
		2,5	2,5
30,1-50	0,5	0,75	
	1	1	
	2	2,5	
Стальные стойки и колонны с огнезащитой			
а) из штукатурки по сетке или из бетонных плит		$\alpha = 2,5$	0,75
		5	2
		6	2,5
б) из сплошных керамических и силикатных кирпича и камней		$\alpha = 6,5$	2
		12,5	5
в) из пустотелых керамических и силикатных кирпича и камней		$\alpha = 12$	4,5

Краткая характеристика конструкций	Схема конструкции (сечение)	Размеры, см. Привед. толщина	Предел огнестойкости, ч
Г) из гипсовых плит		$\alpha = 3$	1
		6	4
Д) из керамзитовых плит		$\alpha = 4$	1,1
		5	1,5
		7	2
		8	2,5

Для ферм и других статически определимых конструкций, состоящих из элементов различного сечения, приведенная толщина металла определяется по наименьшему значению для всех нагруженных элементов.

Предел огнестойкости незащищенных стальных креплений, устанавливаемых по конструктивным соображениям без расчета, следует принимать равным 0,5 ч.

На рисунке 12 приведен алгоритм определения фактических пределов огнестойкости стальных конструкций по несущей способности.

## 8.2 Проектирование огнезащиты стальных конструкций

8.2.1 Общая ведомость строительных конструкций, включающая значения приведенных толщин стальных конструкций, расчет критических температур, фактические и требуемые пределы огнестойкости конструкций, расчет требуемой толщины огнезащиты конструкций является основанием для разработки проектной и рабочей документации огнезащиты здания.

8.2.2 Производится разработка рабочего проекта по нанесению огнезащиты и эксплуатации защищенных конструкций, производится расчет стоимости и экономической эффективности разработанной системы огнезащиты. При неудовлетворительных показателях экономической эффективности необходим выбор альтернативных вариантов средств огнезащиты (Приложение А). На основании всех проведенных этапов комплексной оценки, Исполнитель предоставляет расчеты с различными огнезащитными покрытиями для экономического обоснования данного выбора и заключительного выбора средства огнезащиты (Приложение А).

8.2.3 Проектирование огнезащиты ведется для серии стальных несущих конструкций с разными эксплуатационными характеристиками. Для этого все необходимые исходные данные и расчетные характеристики типовых конструкций вносятся в специальную ведомость, в которой производится сравнение и обобщение полученных показателей по огнестойкости и толщине огнезащиты.



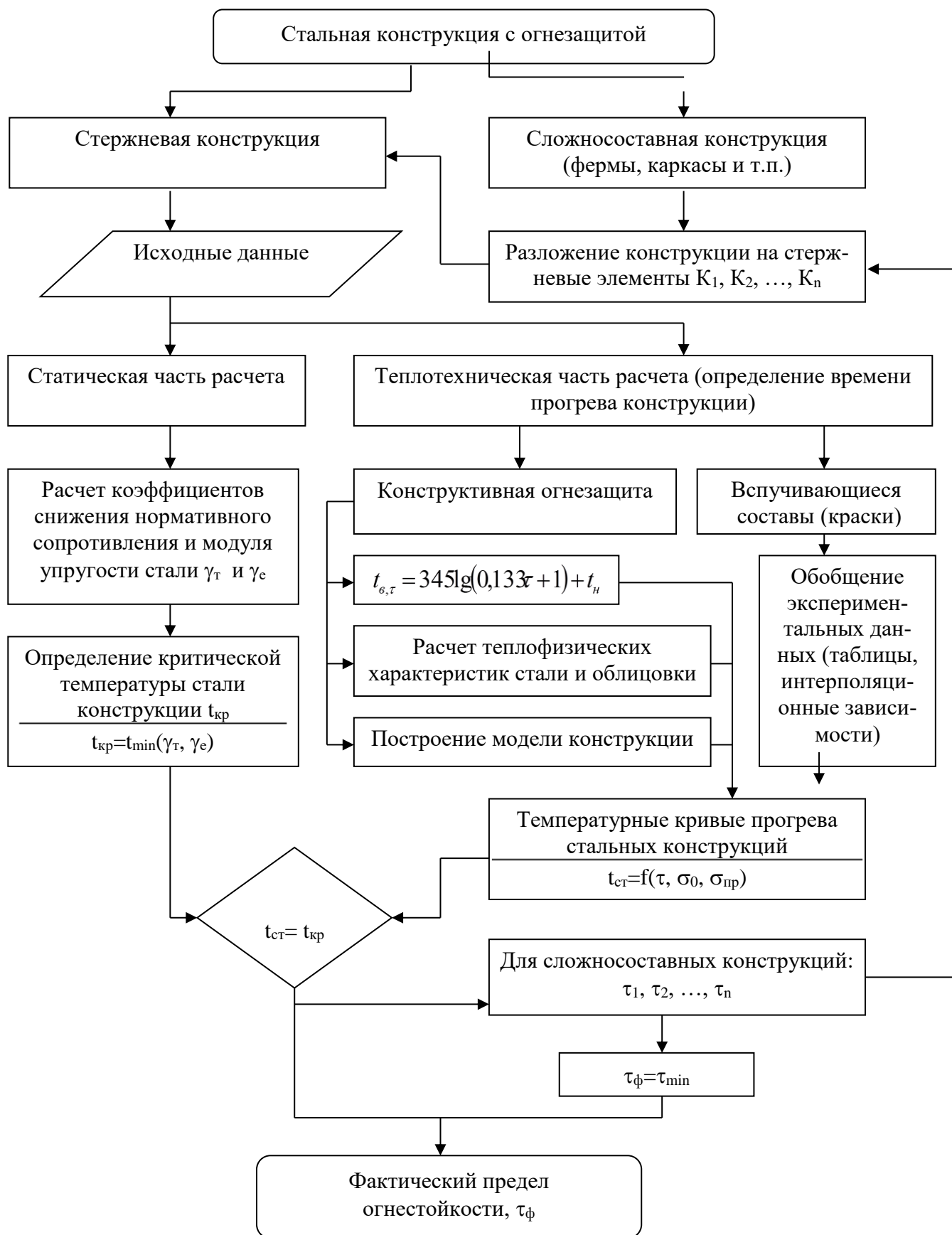


Рисунок 12 - Алгоритм определения фактических пределов огнестойкости стальных конструкций по несущей способности [29]

#### 8.2.4 Проект огнезащиты должен иметь следующие разделы:

- техническое задание (сведения о заказчике, исполнителе, основании для выполнения работы, краткая аннотация объекта проектирования; нормативные ссылки; техническая документация; описание объекта и конструктивные решения; противопожарные требования).
- оценка огнестойкости несущих стальных конструкций (элементный анализ конструктивной схемы здания; определение приведенной толщины металла конструкций; определение критических температур; результаты расчета незащищенных стальных конструкций).
- выбор огнезащиты для стальных конструкций (критерии выбора огнезащиты для несущих стальных конструкций; аналитический обзор способов и средств огнезащиты стальных конструкций).
- результаты расчета (толщина покрытия, приведенная толщина, обогреваемый периметр конструкции для серий конструкций), расчет общего объема использования огнезащиты для стальных конструкций объекта и спецификация расходных материалов;
- технология нанесения (монтажа) огнезащиты (инструкция по применению огнезащиты для стальных конструкций);
- раздел по технике безопасности; правила выполнения работ и организация производства работ по огнезащите строительных конструкций; требования охраны окружающей среды
- приложения (по согласованию с Заказчиком).

#### 8.2.5 Методы расчета и формы подачи данных см. в Приложении А.

### 8.3 Примеры вариантов задач для определения расхода конструктивной огнезащиты

Для решения рекомендуется использовать калькуляторы расчета огнезащиты в [37], [44].

**Вариант 1.** Степень огнестойкости здания – III, несущие конструкции – колонны, выполненные из стандартного двутавра с приведенной толщиной 7,4 мм. Определить тип двутавра методом подбора, требуемый предел огнестойкости конструкции и толщину огнезащитного материала Rockwool CONLIT (при необходимости его применения).

**Вариант 2.** Степень огнестойкости здания – II, несущие конструкции – двутавры 30 К3 по ГОСТ 26020-83. Определить предел огнестойкости конструкции и толщину огнезащитного материала Rockwool CONLIT (если требуется).

**Вариант 3.** Степень огнестойкости здания – I, несущие конструкции – колонны, выполненные из двутавра 26К1 (ГОСТ 26020-83). Определить предел огнестойкости конструкции и толщину огнезащитного материала Rockwool CONLIT (если требуется).

**Вариант 4.** Степень огнестойкости здания – II, несущие конструкции – колонны и балки, колонны - двутавр ГОСТ 8239-89 №36, балки – 26 К2. Определить предел огнестойкости конструкции и толщину огнезащитного материала Rockwool CONLIT (если требуется).

**Вариант 5.** Степень огнестойкости здания – III, несущие конструкции – трубы прямоугольного диаметра 50, выполненные по ГОСТ 8639-82. Определить предел огнестойкости конструкции и толщину огнезащитного материала Rockwool CONLIT (если требуется).

**Вариант 6.** То же, что вариант 4 для материала Promat.

**Вариант 7.** То же, что и вариант 5 с учетом огнезащитной плиты ТЕХНО ОЗМ производства «Технониколь».

**Вариант 8.** Выполнить технико-экономическое обоснование выбора средства огнезащиты среди вариантов 5, 6, 7.

## Библиография

1. Федеральный закон № 184-ФЗ «О техническом регулировании»
2. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»
3. Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
4. Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. № 624 «Об утверждении Перечня видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияния на безопасность объектов капитального строительства»
5. Правила противопожарного режима в Российской Федерации, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 г. N 390 "О противопожарном режиме"
6. Гравит, Марина Викторовна. Основные требования к огнезащитным покрытиям металлоконструкций зданий, сооружений и наружных установок [Электронный ресурс]: учебное пособие / М. В. Гравит; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Инженерно-строительный институт, Кафедра «Строительство уникальных зданий и сооружений». — Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1,51 МБ). — Санкт-Петербург, 2016. — Загл. с титул. экрана. — Свободный доступ из сети Интернет (чтение, печать, копирование). — Текстовый файл. — Adobe Acrobat Reader 7.0. — <URL:<http://elib.spbstu.ru/dl/2/s16-147.pdf>>. — <URL:<http://doi.org/10.18720/SPBPU/2/s16-147>>.
7. Правительство Российской Федерации. Постановление от 16 февраля 2008 года N 87 О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию (с изменениями на 23 января 2016 года)
8. ГОСТ 30403-2012 Конструкции строительные. Метод испытаний на пожарную опасность
9. СП 1.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы (с Изменением N 1)
10. ГОСТ 30244-94 Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть
11. ГОСТ 30402-96 Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость.
12. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения (с Изменением N 1)
13. ГОСТ 30444-97/ГОСТ Р 51032-97 Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени
14. ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности (с Изменением N 1)

15. СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты (с Изменением N 1)
16. ГОСТ 8239-89 Двутавры стальные горячекатаные. Сортамент
17. ГОСТ 26020-83 Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок. Сортамент
18. А. В. Пехотиков, В. В. Павлов. Средства огнезащиты для стальных конструкций, актуальные вопросы при их применении, оценка технико-эксплуатационных характеристик // Огнепортал. Режим доступа: <http://www.ogneportal.ru/articles/fireproof/4052>
19. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах СНиП II-7-81\* (актуализированного СНиП II-7-81\* "Строительство в сейсмических районах" (СП 14.13330.2011)) (с Изменением N 1)
20. СТО 36554501-031-2013 ОАО «НИЦ «Строительство» Методика испытаний на соответствие требованиям пожарной безопасности строительных конструкций со средствами огнезащиты и систем противопожарной защиты, применяемых в районах с сейсмичностью более 6 баллов. Москва, 2013.
21. В.В. Павлов, А.В. Пехотиков, В.И. Голованов. Оценка качества нанесения средств огнезащиты на стальные конструкции зданий и сооружений различного функционального назначения – М.: Пожарная безопасность, 2015, № 3, с. 74 - 83.
22. ГОСТ Р ЕН 1363-2-2014 Конструкции строительные. Испытания на огнестойкость. Часть 2. Альтернативные и дополнительные методы
23. ГОСТ 9.402-2004 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию
24. ГОСТ Р ИСО 8501-1-2014 Подготовка стальной поверхности перед нанесением лакокрасочных материалов и относящихся к ним продуктов. Визуальная оценка чистоты поверхности. Часть 1. Степень окисления и степени подготовки непокрытой стальной поверхности и стальной поверхности после полного удаления прежних покрытий
25. ISO 8502-3 Preparation of Steel Substrates Before Application of Paint and Related Products - Tests for the Assessment of Surface Cleanliness - Part 3: Assessment of Dust on Steel Surfaces Prepared for Painting (Pressure-Sensitive Tape Method) First Edition; (Corrected and Reprinted - 1993)  
(Подготовка стальных подложек перед применением краски и связанных продуктов – Оценка чистоты поверхности - Часть 3: Оценка пыли на стальных поверхностях, подготовленных для окраски (чувствительный к давлению метод ленты) первый выпуск; (исправленный и переизданный - 1993)
26. ПБ 03-440-02 «Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля»

27. ГОСТ Р 53293-2009 Пожарная опасность веществ и материалов. Материалы, вещества и средства огнезащиты. Идентификация методами термического анализа
28. Хасанов И.Р., Пехотиков А.В., Косачев А.А. Проект «Правила разработки проекта огнезащиты несущих стальных конструкций». Приложение к СП 2.13130.2012 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты», ФГБУ ВНИИПО МЧС РФ, Москва. 2015 Режим доступа: <http://www.normacs.info/projects/1212>
29. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5), режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/1200003320>.
30. Официальный сайт компании Promat, режим доступа <http://www.promat.ru/ru-ru/продукция/promatect-h>.
31. M. Gravit, S. Antonov, O. Nedryshkin, E. Nedviga, V. Pershakov. Fire Resistant Panels for the Tunnel Linings, MATEC Web Conf, 73 (2016) DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/matec-conf/20167304007>
32. Официальный сайт компании Knauf, режим доступа <http://www.knauf.ru>.
33. Официальный сайт компании Gyproc, режим доступа <http://www.gyproc.ru/produkty-i-sistemy/ognezashhita-stroitelnyh-konstrukcij/>.
34. Ажикина Н.В. Стекломагнезит - новый облицовочный материал. Инженерно-строительный журнал, 1 (2010) 32 - 37.
35. Пухаренко Ю.В. Опыт производства облицовочных фиброцементных плит для вентилируемых фасадов. Вестник гражданских инженеров, 4 (2012) 74-77.
36. Официальный сайт компании Роквул, режим доступа [www.rockwool.ru](http://www.rockwool.ru).
37. Официальный сайт Корпорации ТехноНИКОЛЬ, режим доступа [http://www.tn.ru/catalogue/sistemy\\_ognezacshity/](http://www.tn.ru/catalogue/sistemy_ognezacshity/)
38. Официальный сайт компании ОАО «Тизол» <http://www.tizol.com>
39. Официальный сайт компании ООО «Кроз» <http://www.croz.ru>
40. Официальный сайт компании ООО «БЗТМ» <http://www.bztm.su>
41. Официальный сайт компании ООО «ФОБАЗ»СПб <http://fobazspb.ru/production>
42. M. Gravit, E. Mikhailov, S. Svintsov, A. Kolobzarov, I. Popovych. Fire and Explosion Protection of High-Rise Buildings by Means of Plaster Compositions. Materials Science Forum, Vol. 871, pp. 138-145 Accepted: 2016-06-10 doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.871.138

43. Пособие по определению пределов огнестойкости конструкций, пределов распространения огня по конструкциям и групп возгораемости материалов (к СНиП II-2-80)/ЦНИИСК им. Кучеренко. – М.: Стройиздат. 1985. – 56 с. Режим доступа <http://fire-consult.ru/catalog/30/30-2/posobie-po-opredeleniyu-predelov-ognestojkosti-konstrukcij-predelov-rasprostraneniya-ognya-po-konstrukciyam-i-grupp-vozgoraemosti-materialov-k-snip-ii-2-80.html>
44. Инструкция по расчету по фактическим пределов огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой из минераловатных плит Conlit производства фирмы Rockwool, Москва, 2011, с.29. Режим доступа: <http://msk.mos.ru/Handlers/Files.ashx/Download?ID=5894>

## Приложение А (справочное) Методика расчета фактических пределов огнестойкости стальных конструкций с использованием конструктивной огнезащиты

А.1. Настоящая методика разработана на основе [28].

А.1.2 Сущность метода заключается в определении вида и оптимальной толщины огнезащиты. С этой целью проводят расчеты по определению критической температуры стали исследуемой конструкции, в результате которой наступает ее предел огнестойкости – *статическая часть расчета* и определении времени от начала теплового воздействия до достижения критической температуры – *теплотехническая часть расчета*.

А.1.3 Статическая часть расчета выполняется на основании исходных данных, полученных из проектной документации, либо взятых в результате обследования объекта защиты. В случае невозможности определения исходных данных для статического расчета, а также при отсутствии необходимости производить расчет толщины огнезащиты в зависимости от напряженно-деформированного состояния конструкции, допускается принимать критическую температуру стальных элементов равной 500 °С (по ГОСТ Р 53295).

А.1.4 Теплотехническая часть расчета выполняется с использованием метода расчета прогрева стальных неограниченных пластин с огнезащитой. Для этого предварительно должны быть построены номограммы прогрева стальных конструкций с исследуемой огнезащитой, на основании ранее проведенных экспериментов с аналогичными конструкциями, далее определение предела огнестойкости производится с помощью номограмм. Расчет производится при моделировании стандартных условий теплового воздействия на конструкцию (по ГОСТ 30247.0).

А.1.5 Предел огнестойкости сложносоставных конструкций (ферм, каркасов и т.п.) определяется как минимальный из пределов огнестойкости всех нагруженных элементов конструкции.

### **А.2 Необходимая техническая документация.**

А.2.1 Представленная для анализа техническая документация должна содержать общие схематичные планы здания, этажей (включая подвальные и чердачные помещения), рабочие чертежи исследуемых конструкций, схемы опирания и нагружения, эпюры моментов, характеристики применяемых материалов.

А.2.2 Для определения пределов огнестойкости схема каркаса разбивается на ряд простейших элементов, представляющих собой стержневые конструкции, поддающиеся расчетам на огнестойкость. Каждая конструкция является элементарной и может классифицироваться как центрально-сжатая, центрально-растянутая, внецентренно-сжатая, внецентренно-растянутая, изги-



баемая, сжато-изгибаемая, или растянуто-изгибаемая стержневая конструкция, имеющая известный геометрический профиль и изготовленная из определенной марки стали с известными характеристиками.

### **А.3 Расчет фактических пределов огнестойкости стальных конструкций**

А.3.1 Исходные данные определяются по следующему перечню, в соответствии с приведенными рекомендациями:

- вид нагружения конструкции – определяется как один из нижеперечисленных: центрально-сжатые элементы; центрально-растянутые элементы; внецентренно-сжатые элементы; внецентренно-растянутые элементы; изгибаемые элементы; сжато-изгибаемые элементы; растянуто-изгибаемые элементы.

- нормативная нагрузка, кг, или кг/см – определяется при сборе нагрузок в соответствии с СП 20.13330;

- эксцентриситет приложения нормативной нагрузки, см – для внецентренно-сжатых и внецентренно-растянутых стержней определяется случайный эксцентриситет в соответствии с СП 16.13330;

- вид опирания конструкции – определяется как один из нижеперечисленных: шарнирное опирание по концам; защемление по концам; один конец защемлен другой свободен; один конец защемлен, другой шарнирно оперт;

- геометрические параметры конструкции и их производные определяются в результате обмеров конструкции и (или) из справочных данных (сортамент): длина стержня, см; размеры поперечного сечения, см;

площадь поперечного сечения, см<sup>2</sup>; момент сопротивления сечения, см<sup>3</sup>; момент инерции сечения, см<sup>4</sup>;

- свойства материалов стали и облицовки: прочностные характеристики стали определяется из СП 16.13330; нормативное сопротивление металла при нормальной температуре, кг/см<sup>2</sup>; модуль упругости металла при нормальной температуре, кг/см<sup>2</sup>, для сталей принимается  $E_n = 2100000$  кг/см<sup>2</sup>;

- теплотехнические свойства стали: плотность, кг/м<sup>3</sup>,  $\gamma_{ст} = 7800$  кг/м<sup>3</sup>; влажность, в долях,  $p_6 = 0$ ; степень черноты,  $s_0 = 0,625$ ; начальный коэффициент теплопроводности  $A$ , Вт/(м град),  $A_{ст} = 78$  Вт/(м град); коэффициент изменения теплопроводности при нагреве  $B$ , Вт/(м град<sup>2</sup>),  $B_{ст} = -0,048$  Вт/(м град<sup>2</sup>); начальный коэффициент теплоемкости  $C$ , Дж/(кг град),  $C_{ст} = 310$  Дж/(кг град); коэффициент изменения теплоемкости при нагреве  $D$ , Дж/(кг град<sup>2</sup>),  $D_{ст} = 0,48$  Дж/(кг град<sup>2</sup>).

А.3.3 Теплотехнические характеристики облицовки при нормальной температуре принимаются из проектной документации по огнезащите. Коэффициенты изменения теплопроводности и теплоемкости облицовки при нагреве определяются с помощью ЭВМ, методом подбора. Для этого строятся несколько моделей испытанных ранее конструкций и проводится ряд теплотехнических расчетов с использованием подобранных свойств материалов, по методу описанному в п. Толщина стальной пластины при этом вычисляется как  $\delta_{ст}=\delta_{пр}$ . Расчеты проводятся до достижения расхождения по температуре между экспериментальной и расчетной зависимостью в любом временном интервале не более 20% (относительно испытаний).

А.3.4 Условия обогрева конструкции: начальная температура нагревающей среды, °К, принимается 293 °К; обогреваемый периметр сечения стержня, см, определяется в результате обмеров конструкции или рассчитываются исходя из данных сортамента.

#### А.4 Статический расчет стержневых конструкций

Вычислить коэффициенты  $\gamma_t$  и  $\gamma_e$  для исследуемой конструкции в зависимости от вида нагружения конструкции:

А.4.1 Центральнo-сжатые элементы:

$$\gamma_t = \frac{N_n}{F R^n} \quad (1)$$

$$\gamma_e = \frac{N_n l_0^2}{\pi^2 E_n J_{min}} \quad (2)$$

где  $N_n$  - нормативная нагрузка, кг;

$F$  - площадь поперечного сечения стержня, см<sup>2</sup>;

$R^n$  - начальное нормативное сопротивление металла ,кг/см<sup>2</sup>;

$E_n$  - начальный модуль упругости металла, кг/см<sup>2</sup>,

для сталей -  $E_n = 2100000$  кг/см<sup>2</sup>;

$l_0$  - расчетная длина стержня, см;

$J_{min}$  - наименьший момент инерции сечения стержня, см<sup>4</sup>.

Расчетная длина -  $l_0$  стержня принимается равной: шарнирное опирание по концам -  $l$ ; где  $l$  - длина стержня, см;

- защемление по концам -  $0,5 l$ ;
- один конец защемлен другой свободен -  $2 l$ ;
- один конец защемлен, другой шарнирно оперт -  $0,7 l$ .

А.4.2.1 Центральнo-растянутые элементы:

Для центрально-растянутых стержней определяется только коэффициент  $\gamma_T$  по формуле (1).

А.4.2.2 Внецентренно-сжатые элементы:

$$\gamma_{\square} = \frac{N_n}{R} \left( \frac{H}{W} + \frac{1}{F} \right) \quad (3)$$

где  $e$  - эксцентриситет приложения нормативной нагрузки -  $N_n$ , см.

$W$  - момент сопротивления сечения, см<sup>3</sup>.

Коэффициент  $\gamma_e$  находится по формуле (2).

А.4.2.3 Внецентренно-растянутые стержни:

Для внецентренно-растянутых стержней определяется только коэффициент  $\gamma_T$  по формуле (3).

А.4.2.4 Изгибаемые элементы:

$$\gamma_T = \frac{M_n}{W R_n} \quad (4)$$

где  $M_n$  – максимальный изгибающий момент от действия нормативных нагрузок, кг·см – рассчитывается в зависимости от типа нагрузки.

**Примечание:** Для статически определимых изгибаемых конструкций момент рассчитывается по формулам:

для равномерно распределенной нагрузки:

$$M_n = \frac{gl^2}{8} \quad (5)$$

для сосредоточенной нагрузки:

$$M_n = \frac{Pab}{l} \quad (6)$$

где  $g$  – интенсивность равномерно распределенной нагрузки, кг/см;

$a, b$  – расстояния от опор до точки приложения нагрузки  $P$ , см.

Для сжато (растянуто)-изогнутых элементов коэффициент  $\gamma_T$  определяется при суммировании формул (1) и (4).

Определить критическую температуру  $t_{кр}$  стержня как наименьшую величину из двух найденных по Таблице 2 значений, в зависимости от коэффициентов  $\gamma_T$  и  $\gamma_e$ .

Таблица А.2 - Значения коэффициентов  $\gamma_T$  и  $\gamma_e$ , учитывающих изменения нормативного сопротивления и модуля упругости  $E_n$  стали в зависимости от температуры

Температура, °С	$\gamma_T$	$\gamma_e$
20	1,0	1,0
100	0,99	0,96
150	0,93	0,95
200	0,85	0,94
250	0,81	0,92
300	0,77	0,90
350	0,74	0,88
400	0,70	0,86
450	0,65	0,84
500	0,58	0,80
550	0,45	0,77
600	0,34	0,72
650	0,22	0,68
700	0,11	0,59

#### **А.5 Методы построения номограмм прогрева стальных конструкций (теплотехническая задача)**

А.5.1 Для определения времени прогрева исследуемой конструкции предварительно должны быть построены номограммы прогрева стальных конструкций с огнезащитой (или без нее) в зависимости от приведенной толщины металла и толщины слоя покрытия. Построение номограмм прогрева производится экспериментально-аналитическим методом, в зависимости от вида огнезащиты конструкции. Для конструктивной огнезащиты (плитных материалов, штукатурок, обмазок и др.), а также для незащищенных металлических конструкций – расчетным методом.

А.5.2 Номограммы строятся для стальных неограниченных пластин с огнезащитными облицовками (или без них), различной толщины. Расчет производят для пластин, облицованных с обогреваемой стороны, и при отсутствии теплообмена с противоположной стороны пластины. После обработки данных, для каждой толщины облицовки составляется номограмма прогрева стальных конструкций разной приведенной толщины с огнезащитным покрытием постоянной толщины. Номограммы строятся в координатах: "Время, мин" - "Температура, °С". Графиками номограммы будут являться кривые, определяющие среднюю температуру конструкции на каждый момент времени температурного воздействия.

## А.6 Метод построения номограмм прогрева стальных конструкций на основе тепло-технического расчета

А.6.1 Расчет производится при условии изменения температуры нагревающей среды во времени по кривой "стандартного пожара" (ГОСТ 30247.0-94), уравнение которой имеет вид:

$$t_{в,\tau} = 345 \lg(0,133\tau + 1) + t_{н} \quad (7)$$

где  $t_{в,\tau}$  - температура нагревающей среды, °К;

$\tau$  - время в секундах;

$t_{н}$  - начальная температура нагревающей среды, °К.

Коэффициент передачи тепла -  $\alpha$ , Вт/(м<sup>2</sup> град), от нагревающей среды с температурой  $t_{в,\tau}$  к поверхности конструкции с температурой  $t_0$  вычисляется по формуле:

$$\alpha = 29 + 5,77s_{np} \frac{(t_{в,\tau}/100)^4 - (t_0/100)^4}{t_{в,\tau} - t_0} \quad (8)$$

где  $s_{np}$  - приведенная степень черноты системы: "нагревающая среда - поверхность конструкции":

$$s_{np} = \frac{1}{(1/s) + (1/s_0) - 1} \quad (9)$$

где  $s$  - степень черноты огневой камеры печи.  $s = 0,85$ ;

$s_0$  - степень черноты обогреваемой поверхности конструкции.

А.6.2 Расчет температуры металлического стержня конструкций производится с помощью ЭВМ. Программа для расчета составляется по алгоритму, который представляет собой ряд формул, полученных на основе решения краевой задачи теплопроводности методом элементарных балансов (конечно-разностный метод решения уравнения теплопроводности Фурье при внешней и внутренней нелинейности и наличии отрицательных источников тепла: испарение воды в облицовке и нагрев металла стержня). По этим формулам температура стержня вычисляется последовательно через расчетные интервалы времени -  $\Delta t$  до заданного критического значения.

А.6.3 Начальная температура во всех точках по сечению конструкции до пожара и температура окружающей среды вне зоны пожара одинакова и равна  $t_{н} = 293$  °К. Величина расчетного интервала времени -  $\Delta t$  (шаг программы) выбирается такой, чтобы она целое число раз укладывалась в интервале машинной записи результатов расчета. При этом выбранная величина  $\Delta t$  не должна превышать значения, которое вычисляется по формуле (10).

А.6.4 Алгоритмом для машинного расчета незащищенных металлических конструкций является формула имеющая вид:

$$t_{cm,\Delta\tau} = \frac{\Delta\tau}{\gamma_{cm} \delta_{np} (C_{cm} + D_{cm} t_{cm})} \alpha (t_{e,\tau} - t_{cm}) + t_{cm} \quad (10)$$

где  $t_{cm,\Delta\tau}$  - температура стержня через расчетный интервал времени -  $\Delta\tau$ , °К;

$t_{cm}$  - температура стержня в данный момент времени -  $\tau$ , °К;

$t_{e,\tau}$  - температура нагревающей среды в данный момент времени -  $\tau$ , °К;

$\alpha$  - коэффициент передачи тепла от нагревающей среды к поверхности конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>град);

$C_{cm}$  - начальный коэффициент теплоемкости металла, Дж/(кг град);

$D_{cm}$  - коэффициент изменения теплоемкости металла при нагреве, Дж/(кг град<sup>2</sup>);

$\gamma_{cm}$  - удельный вес металла, кг/м<sup>3</sup>;

$\delta_{np}$  - приведенная толщина металла, м:

$$\delta_{np} = \frac{F}{\Pi} \quad (11)$$

где  $F$  - площадь поперечного сечения стержня, м<sup>2</sup>;

$\Pi$  - обогреваемый периметр сечения стержня, м.

А.6.5 Максимальный расчетный интервал времени -  $\Delta\tau_{max}$  вычисляется по формуле:

$$\Delta\tau_{max} = \frac{\gamma_{cm} \delta_{np} (C_{cm} + D_{cm} t_{cm})}{\alpha} \quad (12)$$

где  $\alpha$  и  $t_{cm}$  - максимально возможные значения в расчете.

#### А.6.6 Конструкции с огнезащитными облицовками

А.6.6.1 Для плоских конструкций с одномерным потоком тепла по толщине алгоритм машинного расчета составляется на основании схемы, изображенной на рис. 2. Огнезащитная облицовка толщиной  $\delta_0$  разбивается на  $n$ -ое число слоев  $\Delta x$ .

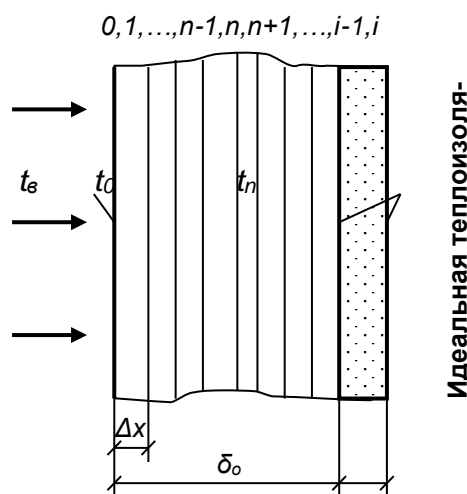


Рисунок А. 2 - Схема к расчету на ЭВМ прогрета стальной пластины с огнезащитной облицовкой

А.6.6.2 Температура на стальной пластине -  $t_{cm,\Delta\tau}$ , через расчетный интервал времени -  $\Delta\tau$ , вычисляется по формулам:

- температура на обогреваемой поверхности облицовки:

$$t_{0,\Delta\tau} = \frac{2\Delta\tau[A(t_1 - t_0) + 0,5B(t_1^2 - t_0^2) + \alpha(t_s - t_0)\Delta x]}{\gamma_0\Delta x^2(C + Dt_0)} + t_0 - t_\phi \quad (13)$$

- температура во внутренних слоях облицовки:

$$t_{n,\Delta\tau} = \frac{\Delta\tau[A(t_{n-1} - 2t_n + t_{n+1}) + 0,5B(t_{n-1}^2 - 2t_n^2 + t_{n+1}^2)]}{\gamma_0\Delta x^2(C + Dt_n)} + t_n - t_\phi \quad (14)$$

- температура на стальной пластине:

$$t_{cm,\Delta\tau} = \frac{2\Delta\tau[A(t_n - t_{cm}) + 0,5B(t_n^2 - t_{cm}^2)]}{\Delta x[\gamma_0\Delta x(C + Dt_{cm}) + 2\gamma_{cm}\delta_{cm}(C_{cm} + D_{cm}t_{cm})]} + t_{cm} - t_\phi \quad (15)$$

- где:  $A$  - начальный коэффициент теплопроводности облицовки, Вт/(м град);
- $B$  - коэффициент изменения теплопроводности облицовки при нагреве, Вт/(м град<sup>2</sup>);
- $C$  - начальный коэффициент теплоемкости облицовки, Дж/(кг град);
- $D$  - коэффициент изменения теплоемкости облицовки при нагреве, Дж/(кг град<sup>2</sup>);

$$t_\phi = \frac{p_e r}{100 \left[ (C + Dt_{cm}) + \frac{2\gamma_{cm}\delta_{cm}(C_{cm} + D_{cm}t_{cm})}{\gamma_0\Delta x} \right]} \quad (16)$$

- фиктивная температура.

где  $p_e$  – начальная весовая влажность облицовки, %;

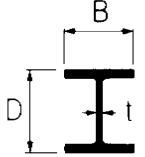

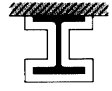


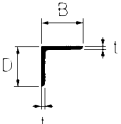
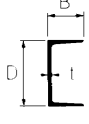
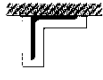

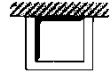
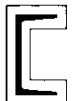
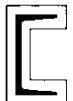

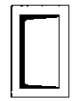
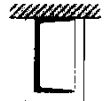
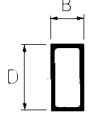

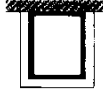

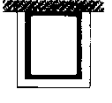
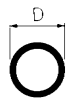

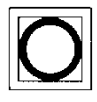
$r$  – скрытая теплота парообразования воды,  $r=2260 \cdot 10^3$  Дж/кг.

## А.7 Определение времени прогрева стальной конструкции до критической температуры (теплотехнический расчет)

А.7.1 Для определения предела огнестойкости конструкции необходимо предварительно произвести статический расчет для определения критической температуры стали исследуемой конструкции, согласно п. 7.2.

А.7.2 Далее следует определить приведенную толщину металла конструкции по формуле (9), где  $F$  - площадь поперечного сечения конструкции, мм<sup>2</sup> определяется из сортамента,  $\Pi$  - обогреваемый периметр конструкции, мм – см. Таблицу А.3.

Таблица А.3 - Значения обогреваемого периметра для типовых стальных конструкций с огнезащитой, применяемых в строительстве

Профиль	Обогреваемый периметр $l$ при различных условиях обогрева			
	Облицовка по контуру		Облицовка в виде короба	
	с 4-х сторон	с 3-х сторон	с 4-х сторон	с 3-х сторон
	 $2B+2D+2(B-t)$ $=4B+2D-2t$	 $B+2D+2(B-t)$ $=3B+2D-2t$	 $2B+2D$	 $B+2D$
	 $2B+2D$	 $B+2D$	 $2B+2D$	 $B+2D$
	 $2B+2D+2(B-t)$ $=4B+2D-2t$	 $B+2D+2(B-t)$ $=3B+2D-2t$	 $2B+2D$	 $B+2D$
	 $2B+2D$	 $B+2D$	 $2B+2D$	 $B+2D$
	 $\pi D$	- // -	 $\pi D$	- // -

А.7.3 Выбрав номограмму, соответствующую виду и толщине заданного огнезащитного покрытия и определив критическую температуру стали конструкции, на поле номограммы находится график соответствующий приведенной толщине исследуемой конструкции. Отложив по вертикальной оси номограммы значение критической температуры, на выбранном графике находится точка, проекцией которой на горизонтальную ось является предел огнестойкости конструкции с



заданным огнезащитным покрытием<sup>1</sup>. Для поиска промежуточных значений толщины облицовки и приведенной толщины металла допускается использовать линейную интерполяцию графиков номограммы.

А.7.4 За результат принимается расчетное время от начала теплового воздействия до достижения критической температуры металла конструкции.

А.7.5 Результат расчета принимается за фактический предел огнестойкости стальной конструкции с огнезащитой и обозначается согласно требованиям ГОСТ 30247.

А.7.6 Значения фактических пределов огнестойкости вносятся в общую ведомость строительных конструкций здания.

## А.8. Расчет требуемой толщины огнезащиты для стальных конструкций

А.8.1 Расчет требуемой толщины огнезащиты производится по рассчитанным заранее номограммам прогрева стальных конструкций в порядке, обратном расчету пределов огнестойкости. Для этого необходимо определить критическую температуру стали исследуемой конструкции, приведенную толщину металла и требуемый предел огнестойкости конструкции.

А.8.2 Значения толщин огнезащиты для обеспечения требуемых пределов огнестойкости вносятся в общую ведомость строительных конструкций здания.

---

<sup>1</sup> Аналогичным образом данные номограммы могут использоваться для решения обратных задач: поиска минимальной толщины покрытия и минимальной приведенной толщины металла конструкции для обеспечения заданного предела огнестойкости.

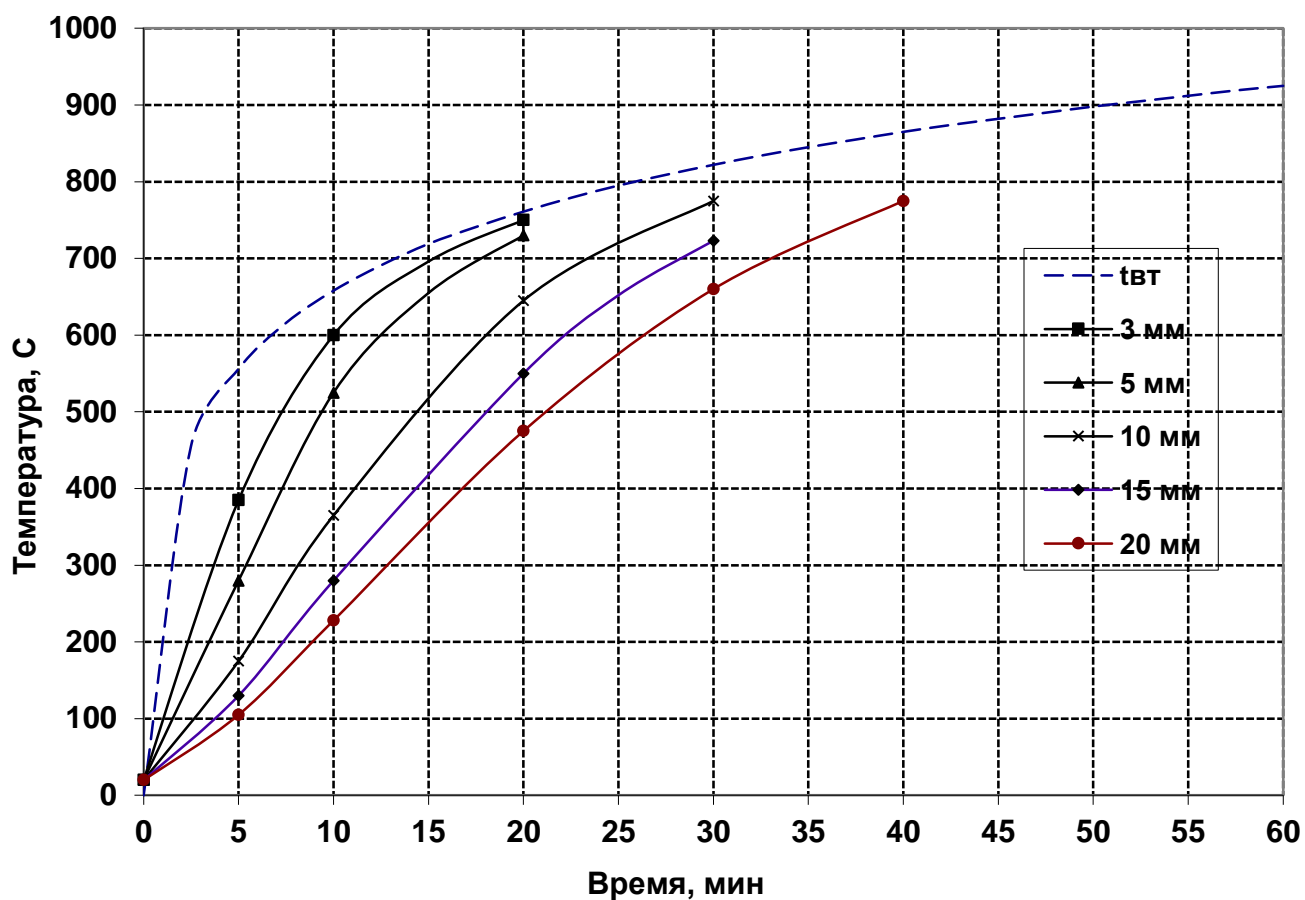


Рис. А1. Номограмма прогрева незащищенных стальных конструкций

### Расчет оптимальных вариантов огнезащиты для стальных конструкций объекта

Наименование конструкции, шифр	Сечение		Расход металлопроката		Расчетные параметры сечения			Расчетные параметры огнезащиты	
	Эскиз	Профиль, ГОСТ	Масса, т	Количество, м	Кол-во обогр. сторон	Обогр. периметр, мм	Приведенная толщина $\delta_{пр}$ , мм	Толщина $\delta_o$ , мм	Площадь $S_o$ , м <sup>2</sup>

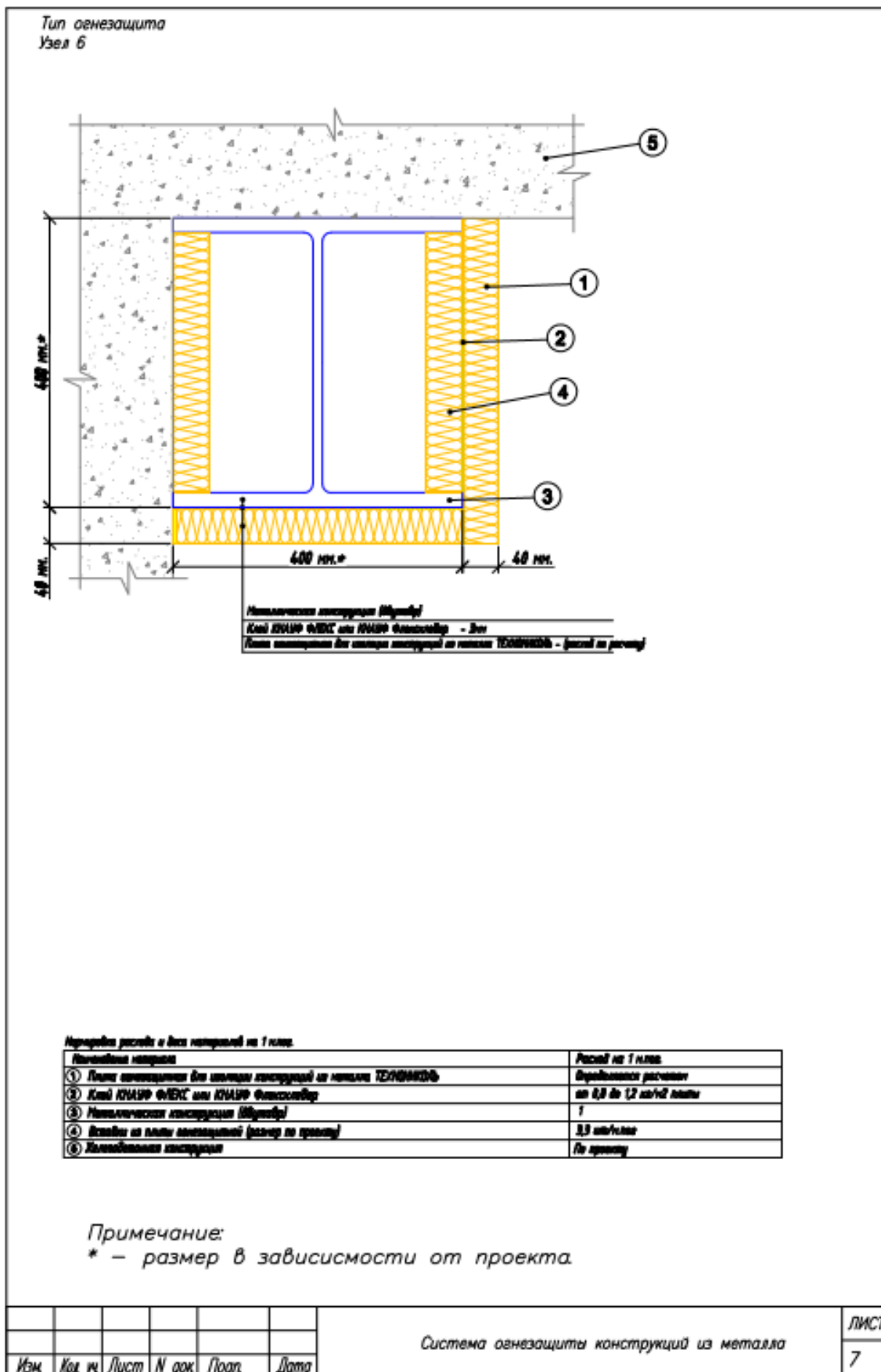
### Ведомость стальных несущих конструкций здания

Наименование конструкции, шифр	Приведенная толщина $\delta_{пр}$ , мм	Критическая температура $t_{кр}$ , °C	Фактический предел огнестойкости $\tau_{ф}$ , мин	Требуемый предел огнестойкости $\tau_{тр}$ , мин	Марка и толщина огнезащиты $\delta_o$ , мм

### Сводная таблица расчета расхода системы огнезащитного покрытия по элементам несущих конструкций

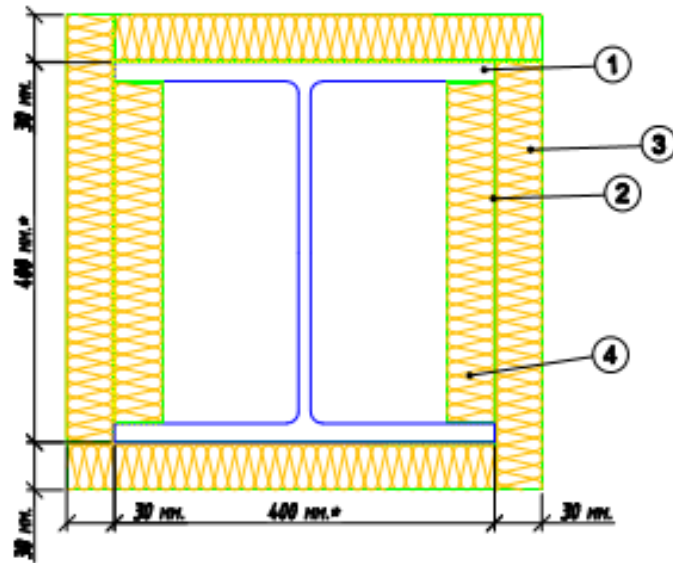
Наименование конструкций, требуемый предел огнестойкости	Площадь защищаемой поверхности конструкции, м <sup>2</sup>	Показатели расхода средства огнезащиты		
		ЛКМ №1(грунтовка)	Облицовка (штукатурка)	Фольгирование (финишное покрытие)
Итого				
Доп. расходы при монтаже и потери по данным производителя, %				
Итого, с учетом доп. расходов и потерь				

**Приложение Б (справочное). Система огнезащиты конструкций из металла  
Корпорации Технониколь**

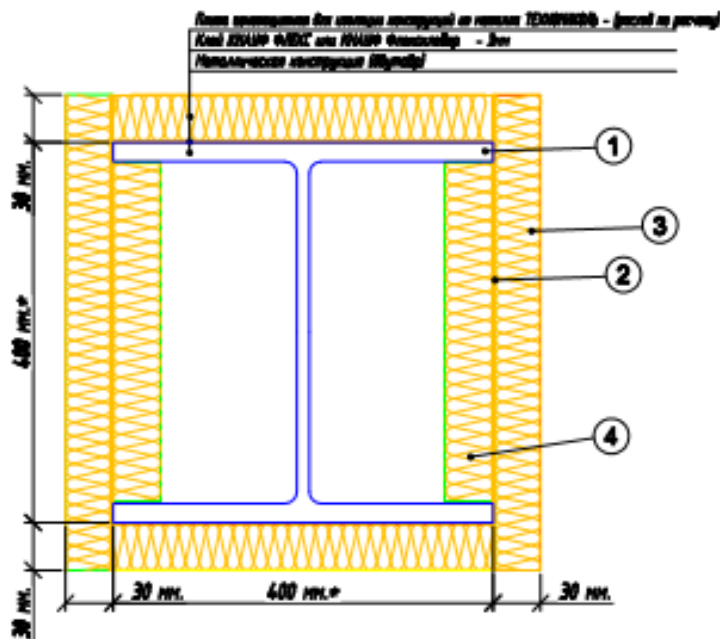


Тип огнезащита  
Узел 7

Вариант 1



Вариант 2



Примечание:

\* - размер в зависимости от проекта.

\*\* - Расстояние между вставками не более 600мм.

Перечень расклад и веса материалов на 1 кв.м

Наименование материала	Расход на 1 кв.м
1 Листа пропитанные для защиты конструкций из металла ТЕХНОНИКОЛЬ	Определяется расчетом
2 Клей ЮНИОН ФЛЕКС или ЮНИОН Флекслайф	от 1,8 до 12 кг/м <sup>2</sup> клея
3 Металлическая конструкция (Стальной)	1
4 Вставки из листа огнезащитной (расчет по проекту)	2,3 шт/кв.м

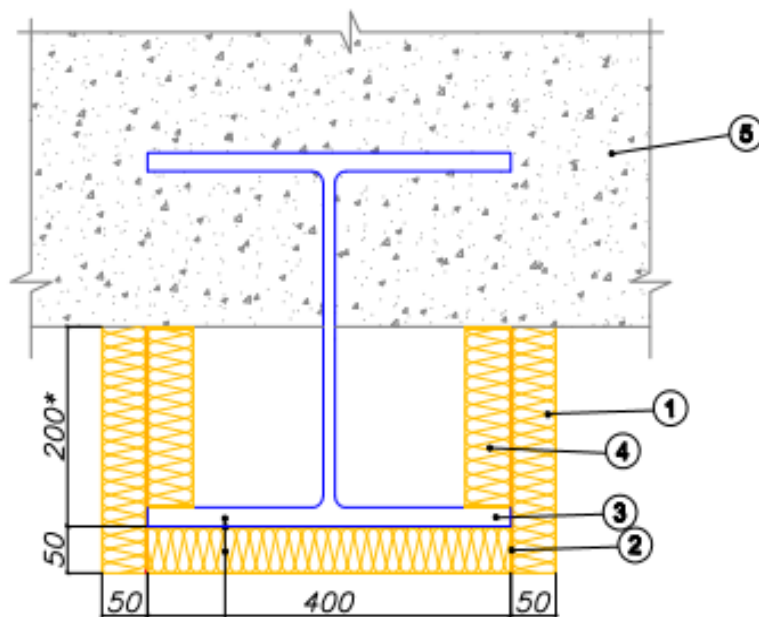
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

Система огнезащиты конструкций из металла

ЛИСТ

8

Формат А4



Металлическая конструкция (двутавр)  
 Клей КНАУФ ФЛЕКС или КНАУФ Флексклебер - 3мм  
 Плита огнезащитная для изоляции конструкция из металла ТЕХНОНИКОЛЬ - (расход по проекту)

Нормировано расхода и веса материалов на 1 млог.

Наименование материала	Расход на 1 млог.
① Плита огнезащитная для изоляции конструкция из металла ТЕХНОНИКОЛЬ	Определяется расчетом
② Клей КНАУФ ФЛЕКС или КНАУФ Флексклебер	от 0,8 до 1,2 кг/м2 плиты
③ Металлическая конструкция (двутавр)	1
④ Вставки из плиты огнезащитной (размер по проекту)	3,3 кг/млог.
⑤ Железобетонная конструкция	По проекту

*Примечание:*

\* – размер в зависимости от проекта.

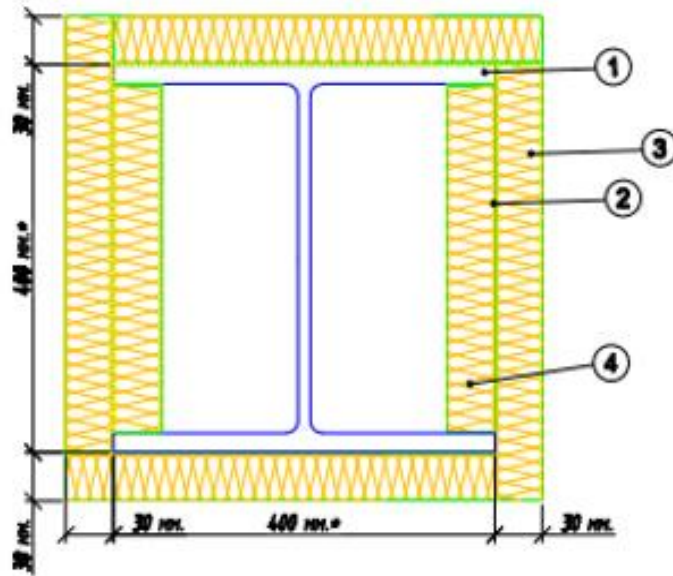
\*\* – расстояние между вставками не более 600мм.

						СИСТЕМЫ ОГНЕЗАЩИТЫ ТЕХНОНИКОЛЬ	Лист 2
Изм.	Колыч	Лист	№ док	Подпись	Дата		

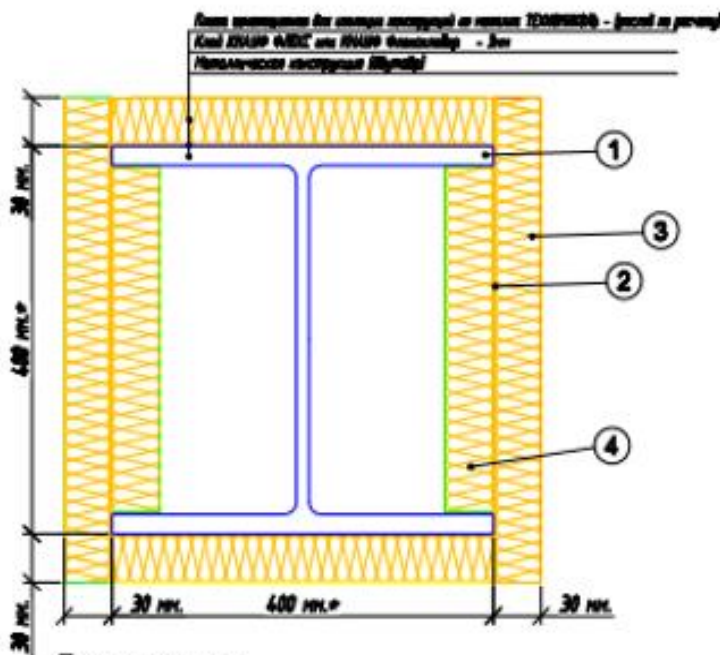
Формат А4

Тип огнезащита  
Узел 7

Вариант 1



Вариант 2



Примечание:

\* - размер в зависимости от проекта.

\*\* - Расстояние между вставками не более 600мм.

Перечень слоев и вес материалов на 1 кв.м

Порядковый номер	Перечень материалов	Вес на 1 кв.м
1	Листа теплозащиты для защиты конструкций из металла ТЕХНОНИКОЛЬ	Определяется расчетом
2	Клей КИНАР ФЛЕКС или КИНАР Флекслайф	от 1,8 до 1,2 кг/м <sup>2</sup> клея
3	Нанесенная конструкция (Штурдр)	1
4	Вставки из минеральной ваты (фасад по расчету)	2,3 кг/кв.м

Изм.	Кол. уч.	Лист	N док.	Подп.	Дата
------	----------	------	--------	-------	------

Система огнезащиты конструкций из металла

ЛИСТ

8

ФОРМАТ А4

**Приложение В (справочное).**

**В-1 - Сравнительная таблица оценки декларируемых показателей огнезащитной эффективности рулонных огнезащитных материалов различных производителей**

№ п/п	Производитель	Система огнезащиты металлоконструкций	Сертификат огнезащитной эффективности	Огнезащитная. Эффективность (мин)	П.Т.М., мм	Материал из супертонкого базальтового волокна, мм	Клеящий состав, расход кг/м2		
1	2	3	4	5	6	7	8		
1	ОАО «Тизол» Нижняя Тура	ЕТ Профиль	С-RU.ПБ05.В.00172 Инструкция	15	2,4-7,9	8	МБОР ТУ 5769-003-48588528-00	2,2	Плазас ТУ 5765-013-70794668-06
				30					
				45					
				60	2,4-2,9	10			
					3,0-7,9	8			
					2,4-2,5	20			
			90	2,6-3,3	18				
				3,4-3,9	16				
				4,0-4,8	15				
				4,9-6,0	13				
			НСОПБ.RU.ПР034.Н00054	6,1-6,9	10				
				7,0-7,9	8				
				120	5,9-6,6	20			
6,7-7,5	18								
7,6-7,9	16								
2	ООО «КРОЗ» Москва	Изовент®-М	С-RU.ПБ07.В.00245	90	3,4	5	ВБОР ТУ 5765-014-54737814-2006	3,4	ПВК-2002 ТУ 5765-005-54737814-2002
			НСОПБ.RU.ПР034.Н00116	120	2,4	16		2,25	
			С-RU.ПБ73.В.00695	150	3,4	10		1,82	
			С-RU.СТ08.В.00007					3,6	
3	Брянский завод теплоизоляционных материалов «БЗТМ» Брянск	ОГНЕМАТ® Мет	С-RU.ПБ05.В.04336	60	3,4	5	МПБОР ТУ 5769-004-	1,52	ОГ-НЕМАТ® Проф ТУ 5772-
			С-RU.ПБ05.В.03778		2,4			8	
			С-RU.ПБ05.В.04349	90	3,4				



№ п/п	Производитель	Система огнезащиты металлоконструкций	Сертификат огнезащитной эффективности	Огнезащитная. Эффективность (мин)	П.Т.М., мм	Материал из супертонкого базальтового волокна, мм	Клеящий состав, расход кг/м2			
1	2	3	4	5	6	7	8			
			C-RU.ПБ05.В.03778		2,4	16	02500345-2009	2	005-0200345-2009	
			C-RU.ПБ05.В.04349	120	3,4	8		1		
			C-RU.ПБ05.В.04349	150		16		3		
			C-RU.ПБ05.В.04349	180		5				
4	ООО «БИЗОН» Брянск	БИЗОН-МЕТАЛЛ	C-RU.ПБ52.В.00369	45	2,4	8	БИЗОН ТУ 5769-004-86033760-2009	0,7	FSA ТУ 5765-003-86033760-2009	
			НСОПБ.RU.ПР061.Н.00068					90		3,4
			C-RU.ПБ52.В.02325	2,4	16	3				
			НСОПБ.RU.ПР061.Н.00068	150	3,4	10				
			C-RU.ПБ52.В.02325							
5	ООО «Альтернатива» г. Москва	«Ogne-Met»	C-RU.ПБ40.В.00328	45	3,4	5	ВМБОР ТУ 5769-001-14186600-2015	1,25	«ОКС» ТУ 5765-002-14186600-2015	
				60				5		1,5
				90				8		2,3
				120				10		
				150				13		
6	ООО «Базальтовые Огнезащитные системы» Казань	PRO - MET	C-RU.ПБ05.В.04463	90	2,4	13	PRO-МБОР ТУ 5769-003-09740968-2015	3	Kleber	
			C-RU.ПБ05.В.04463	150	3,4	10		2,3		
7	ООО «Эпоха-Базальт» п. Бытошь	ОГНЕБАЗАЛЬТ Met	C-RU.ПБ05.В.04473	45	3,4	5	ПМБОР ТУ 5769-	1,1	ОГНЕТ ТУ 5765-	
				60						

№ п/п	Производитель	Система огнезащиты металлоконструкций	Сертификат огнезащитной эффективности	Огнезащитная. Эффективность (мин)	П.Т.М., мм	Материал из супертонкого базальтового волокна, мм		Клеящий состав, расход кг/м2		
1	2	3	4	5	6	7		8		
			C-RU.ПБ05.В.04473	90	2,4	16	004-52876233-2009		005-97512416-2011	
				120	3,4	8				
				150		13				
8	ЗАО УК «Альтернатива» Ижевск	МБФ-металл	C-RU.ПБ05.В.01151	60	2,4	10	МБФ ТУ 5769-001-70983814-2006	1,3	Мастика жаростойкая ТУ 5775-001-62388670-2010	
				90	3,4	7				
			C-RU.ПБ05.В.01152	90	2,4	20		2,6		
				90	3,4	16				
				90	4,8	13		1,3		
9	ООО «Трейд-Люкс» Екатеринбург	TRIUMF COMPLEX MET	C-RU.ПБ05.В.01644	60	3,4	5	МБОР ТУ 5769-002-14053268-2014	1,6	TRIUMF ТУ 5772-002-72387571-04	
				90		8				
				150		13		2,3		
10	ООО «ФОБАЗ» Г. Брянск	ФОБАЗ Мет	C-RU.ПБ25.В.03771	60	3,4	5	ВМБОР ТУ 5769-003-29513246-2016			
				90		8				
				120		8				
				150		13				
11	ООО «Термо Центр» Апрелевка Московская обл.	Огнеспас Металл	C-RU.ПБ05.В.03830	30	3,4	5	МВБОР ТУ 5769-001-88726928-2012	1	Клей Brause СТО 14053268-001-2012	
				45		5				1,25
				60		5				1,5
				90		8				2,25
				120		10				2,25
				150		10				3,5

В-2 - Сравнительная таблица декларируемых толщин материалов базальтовых огнезащитных в зависимости от огнезащитной эффективности\*

№ п/п	Огнезащитная эффективность	Толщина материала	Название материала	Производитель
1	2	3	4	5
1	45мин.	8	МБОР	ОАО "Тизол" Нижняя Тура
		5	Огнеспас	ООО «Термо Центр» Апрелевка
		5	БИЗОН	ООО "Бизон" Брянск
		5	ПМБОР	ООО "Эпоха Базальт" п. Бытошь Брянская обл.
2	60мин.	8	МБОР	ОАО "Тизол" Нижняя Тура
		7	МБФ	ЗАО УК "Альтернатива" Ижевск
		5	МПБОР	ООО "БЗТМ" Брянск
		5	Огнеспас	ООО «Термо Центр» Апрелевка
		5	ПМБОР	ООО "Эпоха Базальт" п. Бытошь Брянская обл.
		5	МБОР	ООО "Трейд-Люкс" Екатеринбург
3	90мин.	16	МБОР	ОАО "Тизол" Нижняя Тура
		16	МБФ	ЗАО УК "Альтернатива" Ижевск
		10	PRO-МБОР	ООО "Базальтовые Огнезащитные системы" Казань
		8	МПБОР	ООО "БЗТМ" Брянск
		8	Огнеспас	ООО «Термо Центр» Апрелевка
		8	ОБМ	ООО "Альтернатива" Нижний Новгород
		8	ПМБОР	ООО "Эпоха Базальт" п. Бытошь Брянская обл.
		8	МБОР	ООО "Трейд-Люкс" Екатеринбург
		5	ВБОР	ООО "Кроз" Москва
		5	БИЗОН	ООО "Бизон" Брянск
4	120мин.	13	ПМБОР	ООО "Эпоха Базальт" п. Бытошь Брянская обл.
		10	ВБОР	ООО "Кроз" Москва
		10	Огнеспас	ООО «Термо Центр» Апрелевка
		8	МПБОР	ООО "БЗТМ" Брянск
5	150мин.	16	ПМБОР	ООО "Эпоха Базальт" п. Бытошь Брянская обл.
		16	МПБОР	ООО "БЗТМ" Брянск
		13	ОБМ	ООО "Альтернатива" Нижний Новгород
		13	PRO-МБОР	ООО "Базальтовые Огнезащитные системы" Казань
		13	МБОР	ООО "Трейд-Люкс" Екатеринбург
		10	ВБОР	ООО "Кроз" Москва
		10	Огнеспас	ООО «Термо Центр» Апрелевка
		10	БИЗОН	ООО "Бизон" Брянск
6	180мин.	16	МПБОР	ООО "БЗТМ" Брянск

\*Согласно действующим сертификатам соответствия продукции требованиям [3].