АРСС

Ассоциация развития стального строительства

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
СТО АРСС 11251254.001-016

Проектирование огнезащиты несущих стальных конструкций многоквартирных жилых зданий

ВНПБ 55-17

Москва
2017

gost.e-ecolog.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 4
1. Область применения 5
2. Термины и определения 5
3. Нормативные ссылки 8
4. Требования пожарной безопасности для многоквартирных жилых зданий 9
5. Общие положения по проектированию огнезащиты несущих стальных конструкций 12
6. Состав проекта огнезащиты 16
7. Анализ технической документации 17
8. Метод расчета фактических пределов огнестойкости стальных конструкций 18
8.1. Подготовка исходных данных 18
8.2. Расчет прогрева стальных конструкций (теплотехническая задача) 20
8.2.1. Общие положения 20
8.2.2. Незащищенные металлические конструкции 22
8.2.3. Конструкции с огнезащитными облицовками 23
8.3. Определение времени прогрева стальной конструкции до критической температуры 25
8.4. Оценка результатов расчета 27
9. Подбор средств огнезащиты конструкций 27
10. Рекомендации по применению различных средств огнезащиты для несущих стальных конструкций жилых зданий 29
11. Приложения 32

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения стандарта организации — Федеральным законом «О стандартизации в Российской Федерации» от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ и ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организации. Общие положения».

1. РАЗРАБОТАН	Ассоциация развития стального строительства
2. СОГЛАСОВАН	ФГБУ ВНИИПО МЧС России (письмо от 30.12.2016 года №8187эп-13-2-3) Согласован и зарегистрирован в качестве нормативного документа по пожарной безопасности с присвоением обозначения (шифра) «ВНПБ 55-17» (письмо департамента надзорной деятельности и профилактической работы МЧС РФ от 19.01.2017 №19-2-4-172).
3. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ	Приказом генерального директора Ассоциации развития стального строительства (АРСС) от 20.01.2017 №02/01
4. ВВЕДЕН	ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения АРСС

Введение

Стандарт взаимоувязан с национальными стандартами и строительными нормами и правилами, федеральными законами и постановлениями Правительства РФ — Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании», Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Положения, изложенные в стандарте, содержат основные требования к выполнению проекта огнезащиты несущих стальных конструкций, включающие требования по расчету металлоконструкций объекта для определения критических температур конструкций, в зависимости от параметров нагружения, опирания и марки стали, с целью обоснования принятой толщины огнезащиты для обеспечения пределов огнестойкости при различных значениях критической температуры, определенной расчетом.

Положения стандарта применяются в добровольном порядке. Иным способом подтверждения пределов огнестойкости несущих стальных конструкций с огнезащитой могут быть огневые испытания конструкций по ГОСТ 30247.0-94 и ГОСТ 30247.1-94.

Авторский коллектив: д.т.н. И.Р. Хасанов (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), к.т.н. Д.Г. Пронин (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ "Строительство"»).

Рецензенты: д.т.н. А.Р. Туснин (ФГБОУ ВПО «МГСУ»), к.т.н. Д.В. Конин (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»).

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Настоящий стандарт устанавливает общие требования к проектированию огнезащиты несущих стальных конструкций многоквартирных жилых зданий (далее – зданий) и применяется при формировании соответствующего раздела проектной и (или) рабочей документации.

1.2. Проектная и (или) рабочая документация по огнезащите несущих стальных конструкций (далее – проект огнезащиты) выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 21.1101 с использованием расчетного метода определения фактических пределов огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой. Расчетный метод распространяется на стержневые конструкции, защищенные конструктивной огнезащитой, а также на незащищенные конструкции. Данный метод не распространяется на плоские конструкции (стены, перекрытия с использованием листовой стали и профилированного листа), конструкции с огнезащитными экранами (подвесные потолки, перегородки и т. п.).

1.3. Оценка огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой расчетным методом возможна при наличии сертификата соответствия на огнезащиту, результатов сертификационных испытаний, а также результатов дополнительных испытаний стальных конструкций с применяемой огнезащитой, проведенных в соответствии с п. 4.11 ГОСТ 53295.

2. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Жилое здание многоквартирное [СП 4.13130.2013]**:** — жилое здание, в котором квартиры имеют общие внеквартирные помещения и инженерные системы.

Конструктивная огнезащита [СП 2.13130.2012, ГОСТ Р 53295-2009] — способ огнезащиты строительных конструкций, основанный на создании на обогреваемой поверхности конструкции теплоизоляционного слоя сред-

ства огнезащиты. К конструктивной огнезащите 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.

Комбинированный способ огнезащиты [ГОСТ Р 53295-2009] — сочетания различных способов огнезащитной обработки.

Огнезащитная плита [СП 2.13130.2012] — элемент конструктивной огнезащиты, представляющий собой навесную панель, обеспечивающую огнезащитную эффективность за счет экранирования конструкции, а также низкой теплопроводности исходного материала самой плиты.

Огнезащита [ГОСТ Р 53295-2009] — технические мероприятия, направленные на повышение огнестойкости и (или) снижение пожарной опасности зданий, сооружений, строительных конструкций.

Огнезащитный состав [ГОСТ Р 53295-2009] — Вещество или смесь веществ, обладающих огнезащитной эффективностью и предназначенных для огнезащиты различных объектов.

Огнезащитная эффективность [ГОСТ Р 53295-2009] — 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 и определяется методом, изложенным в разделе 5 настоящего стандарта (ГОСТ Р 53295-2009).

Огнезащитная обработка [ГОСТ Р 53295-2009] — нанесение (монтаж) средства огнезащиты на поверхность объекта огнезащиты в целях повышения огнестойкости.

Огнезащитное покрытие [ГОСТ Р 53295-2009] — слой, полученный в результате нанесения (монтажа) средства огнезащиты на поверхность объекта огнезащиты.

Огнестойкость строительной конструкции [СП 2.13130.2012] — способность строительной конструкции сохранять несущие и (или) ограждающие функции в условиях пожара.

Предел огнестойкости конструкции (заполнения проемов противопожарных преград) [ФЗ-123] — промежуток времени от начала огневого воздействия в условиях стандартных испытаний до наступления одного из нормированных для данной конструкции (заполнения проемов противопожарных преград) предельных состояний.

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

Приведенная толщина металла [ГОСТ Р 53295-2009] — отношение площади поперечного сечения металлической конструкции к периметру ее обогреваемой поверхности.

Средство огнезащиты [ГОСТ Р 53295-2009] — огнезащитный состав или материал, обладающий огнезащитной эффективностью и предназначенный для огнезащиты различных объектов.

Степень огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков [ФЗ-123] — классификационная характеристика зданий, сооружений и пожарных отсеков, определяемая пределами огнестойкости конструкций, применяемых для строительства указанных зданий, сооружений и отсеков;

Тонкослойное вспучивающееся огнезащитное покрытие (огнезащитная краска) [ГОСТ Р 53295-2009] — Способ огнезащиты строитель-

ных 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, в результате которой толщина огнезащитного покрытия многократно увеличивается, образуя на обогреваемой поверхности конструкции теплоизоляционный слой, защищающий конструкцию от нагревания.

Тонкослойное огнезащитное покрытие (вспучивающееся покрытие, краска) [СП 2.13130.2012] — Способ огнезащиты строительных конструкций, основанный на нанесении на обогреваемую поверхность конструкции специальных лакокрасочных составов с толщиной сухого слоя, не превышающей 3 мм, увеличивающих ее многократно при нагревании.

Обозначения и сокращения

ФЗ-123 — Технический регламент: Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ.

3. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные правовые акты и нормативные документы:

Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;

ГОСТ 30247.0-94 (ИСО 834-75) Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования;

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

ГОСТ Р 21.1101-2013 Система проектной документации для строи-

тельства. Основные требования к проектной и рабочей документации;

ГОСТ Р 53295-2009 Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности;

СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты;

СП 14.13330.2011 Строительство в сейсмических районах;

СП 16.13330.2011 (Актуализированная редакция СНиП II-23-81*) Стальные конструкции;

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

4. ТРЕБОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ МНОГОКВАРТИРНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

4.1. Основные требования пожарной безопасности в части огнестойкости и пожарной опасности строительных конструкций для многоквартирных жилых зданий (класс функциональной пожарной опасности Ф1.3) изложены в СП 2.13130.

Таблица 1

Степень огнестойкости здания	Класс конструктивной пожарной опасности здания	Допустимая высота здания, м	Площадь этажа в пределах пожарного отсека, м^2
I	С0	75	2500
II	С0	50	2500
	С1	28	2200
III	С0	28	1800
	С1	15	1800
IV	С0	5	1000
		3	1400
	С1	5	800
		3	1200
	С2	5	500
		3	900
V	Не нормируется	5	500
		3	800

Примечание. Степень огнестойкости здания с неотапливаемыми пристройками следует принимать по степени огнестойкости отапливаемой части здания.

4.2. Допустимую высоту здания класса Ф1.3 и площадь этажа в пределах пожарного отсека следует определять в зависимости от степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности по таблице 1 [СП 2.13130.2013].

4.3. Соответствие степени огнестойкости зданий и предела огнестойкости применяемых в них строительных конструкций приведено в таблице 2 [таблица 21 приложения к ФЗ-123].

Таблица 2

Степень огнестойкости здания	Предел огнестойкости строительных конструкций*, не менее						
	Несущие элементы здания	Наружные ненесущие стены	Перекрытия междуэтажные (в том числе чердачные и над подвалами)	Элементы бесчердачных покрытий		Лестничные клетки	
				Настилы (в т. ч. 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						

4.4. Здания I, II и III степеней огнестойкости допускается надстраивать одним мансардным этажом, расположенным независимо от высоты зданий, установленной в таблице 1, но не выше 75 м. Несущие элементы мансардного этажа должны иметь предел огнестойкости не менее R 45 и класс пожарной опасности К0. Ограждающие конструкции этого этажа должны отвечать требованиям, предъявляемым к конструкциям надстраиваемого здания.

4.5. Несущие элементы двухэтажных зданий IV степени огнестойкости должны иметь предел огнестойкости не менее R 30.

4.6. Класс пожарной опасности и предел огнестойкости внутри-

квартирных, в том числе шкафных, сборно-разборных, с дверными проемами и раздвижных, перегородок не нормируются.

4.7. Несущие конструкции покрытия встроенно-пристроенной части должны иметь предел огнестойкости не менее R 45 и класс пожарной опасности К0. При наличии в жилом доме окон, ориентированных на встроенно-пристроенную часть здания, уровень кровли на расстоянии 6 м от места примыкания не должен превышать отметки пола вышерасположенных жилых помещений основной части здания. Утеплитель в этом месте покрытия должен быть выполнен из материалов НГ.

4.8. В настоящем стандарте приводятся дополнительные требования по обеспечению пределов огнестойкости при применении стальных несущих конструкций для многоквартирных жилых зданий.

4.9. Учитывая особенности эксплуатации данного класса зданий, исключающие возможность периодической замены или восстановления, а также контроля состояния огнезащиты, для стальных несущих конструкций следует использовать конструктивную огнезащиту. Вспучивающиеся огнезащитные покрытия не применяются.

4.10. Выбор типа конструктивной огнезащиты осуществляется с учетом режима эксплуатации объекта защиты, в соответствии с рекомендациями разделов 8, 9 настоящего стандарта, а также установленных сроков эксплуатации огнезащитного покрытия. В случае строительства зданий и сооружений в сейсмическом районе при применении средств огнезащиты должны выполняться требования СП 14.13330.2011.

4.11. Для стальных конструкций, в том числе с огнезащитой, предельным состоянием будет достижение критической температуры стали.

Для нормирования пределов огнестойкости несущих конструкций (колонн, балок, ферм, арок и рам) используют следующее предельное состояние: только потеря несущей способности конструкции и узлов – R.

Предел огнестойкости по признаку R конструкции, являющейся опорой для других конструкций, должен быть не менее предела огнестойкости

опираемой конструкции.

4.12. Предел огнестойкости узлов крепления и примыкания строительных конструкций между собой должен быть не ниже минимального требуемого предела огнестойкости стыкуемых строительных конструкций и определяется в рамках оценки огнестойкости стыкуемых строительных конструкций.

4.13. Если требуемый предел огнестойкости конструкции (за исключением конструкций в составе противопожарных преград) R 15 (RE 15, REI 15), допускается применять незащищенные стальные конструкции независимо от их фактического предела огнестойкости, за исключением случаев, когда предел огнестойкости хотя бы одного из элементов несущих конструкций (структурных элементов ферм, балок, колонн и т.п.) по результатам испытаний составляет менее R 8. Допускается определять предел огнестойкости незащищенных стальных конструкций по номограмме в приложении А.

5. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОГНЕЗАЩИТЫ НЕСУЩИХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

5.1. Мероприятия по огнезащите стальных конструкций предусматривают выполнение следующих шагов:

5.1.1. Анализ проектно-технической документации и разложение общей схемы каркаса на составляющие стержневые конструкции (составление ведомости стальных конструкций);

5.1.2. Установление требуемых пределов огнестойкости элементов здания и определение номенклатуры элементов каркаса, для которых требуется проведение огнезащиты;

5.1.3. Расчет фактических пределов огнестойкости незащищенных стальных конструкций с целью определения критических температур каждого элемента;

5.1.4. Подбор оптимальных средств огнезащиты для конструкций с учетом специфики эксплуатации объекта по данным ранее проведенных исследований огнезащиты;

5.1.5. Расчет требуемой толщины огнезащиты в зависимости от напряженно-деформированного состояния конструкции и ее геометрических параметров.

5.2. При разработке проекта огнезащиты 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 (см. таблицу 3). Возможен расширенный вариант таблицы, приведенный в приложении Б.

Примечание: При включении технических решений по огнезащите (таблица 3) в комплект рабочей документации «КМ» все расчеты выполняются в соответствии с действующими требованиями для рабочей документации с учетом положений настоящего стандарта.

Таблица 3

Ведомость стальных несущих конструкций здания

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

5.3. Расчет пределов огнестойкости стальных конструкций производится по признаку потери несущей способности в нагретом состоянии – R (по классификации ГОСТ 30247.0).

5.4. Сущность метода заключается в определении вида и оптимальной толщины защиты. С этой целью проводят расчеты по определению критической температуры стали исследуемой конструкции, в результате которой наступает ее предел огнестойкости (*прочностной расчет)* и опре-

делении времени от начала теплового воздействия до достижения критической температуры (*теплотехнический расчет)*. Алгоритм определения фактических пределов огнестойкости стальных конструкций по несущей способности показан на рисунке 1.

5.5. Прочностной расчет (см. п. 7.2) выполняется на основании исходных данных, полученных из проектной документации либо взятых в результате обследования объекта защиты.

В случае невозможности определения исходных данных для прочностного 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).

5.6. 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 (см. п. 8.2). Далее определение предела огнестойкости производится с помощью номограмм (см. п. 8.3).

5.7. Расчет производится при моделировании стандартных условий теплового воздействия на конструкцию по ГОСТ 30247.0.

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

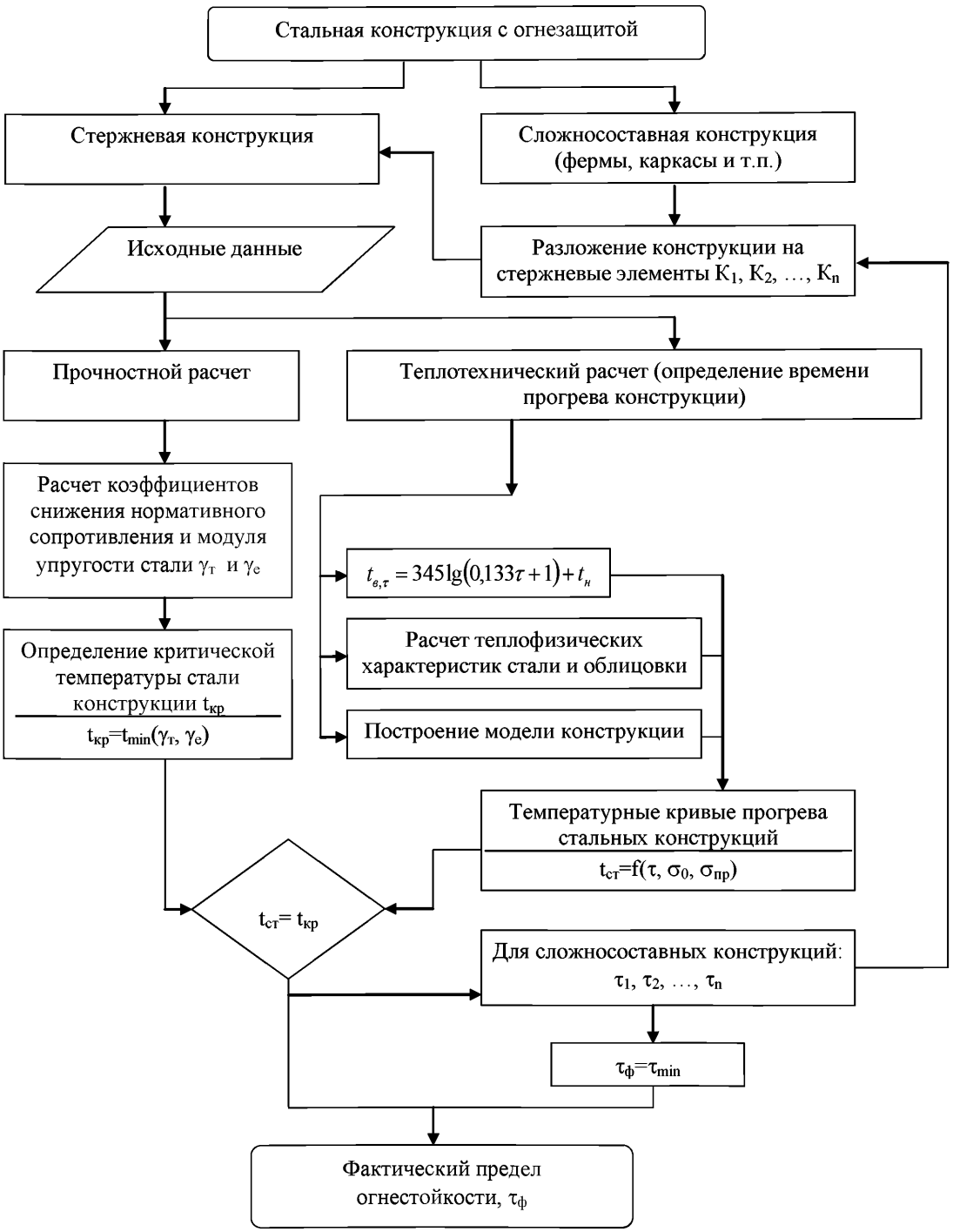


Рисунок 1. Алгоритм определения фактических пределов огнестойкости стальных конструкций по несущей способности

6. СОСТАВ ПРОЕКТА ОГНЕЗАЩИТЫ

Проект (рабочий проект) огнезащиты выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 21.1101 и должен иметь следующие разделы:

1. Введение (сведения о заказчике, исполнителе, основание для выполнения работы, краткая аннотация).

2. Техническое задание (объект проектирования; нормативные ссылки; техническая документация; описание объекта и конструктивные решения; противопожарные требования).

3. Оценка огнестойкости несущих стальных конструкций (элементный анализ конструктивной схемы здания; определение приведенной толщины металла конструкций; определение критических температур; результаты расчета незащищенных стальных конструкций).

4. Выбор огнезащиты для стальных конструкций (критерии выбора огнезащиты для несущих стальных конструкций; аналитический обзор способов и средств огнезащиты стальных конструкций).

5. Разработка оптимальных вариантов огнезащиты для стальных конструкций объекта (обобщение результатов расчетов, выбора марки и толщины огнезащиты, сведение результатов в общую итоговую таблицу).

6. Расчет общего объема использования огнезащиты для стальных конструкций объекта* (спецификация расходных материалов)

7. Технология нанесения (монтажа) огнезащиты* (инструкция по применению огнезащиты для стальных конструкций).

8. Техника безопасности*.

9. Выводы и рекомендации (краткие сведения о фактических пределах огнестойкости конструкций, выбранные марки огнезащитных материалов, ссылки на сводные таблицы по применению и расходам средств огнезащиты, дополнительные рекомендации и условия применения огнезащиты).

* Допускается не представлять в проекте огнезащиты или выносить их в Приложение.

7. АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

7.1. Необходимая техническая документация

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.

7.2. Составление ведомости стальных несущих конструкций здания (см. таблицу 3).

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

Примечание: Данная задача может быть осуществлена при помощи анализа проектной ведомости стальных конструкций и (или) спецификации стали, с учетом применяемых проектных решений.

7.3. Техническая документация на огнезащиту должна содержать показатели и характеристики согласно п. 4.2. ГОСТ Р 53295, сертификат соответствия требованиям пожарной безопасности, а также результаты огневых испытаний конструкций с данной облицовкой.

8. МЕТОД РАСЧЕТА ФАКТИЧЕСКИХ ПРЕДЕЛОВ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

8.1. Подготовка исходных данных

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

8.1.1. Параметры нагружения-опирания конструкции

8.1.1.1. 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.

8.1.1.2. Внутренние усилия от действия нормативных постоянных и временных длительных нагрузок в элементе, принятых с коэффициентом надежности по нагрузке равным 1.

8.1.1.3. 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.

8.1.2. Геометрические характеристики определяются в результате обмеров конструкции и (или) из справочных данных (сортамент):

- длина стержня, см;
- размеры поперечного сечения, см;
- площадь поперечного сечения, $см^2$;
- момент сопротивления сечения, $см^3$;

- момент инерции сечения, $см^4$.

8.1.3. Свойства стали и материалов облицовки

8.1.3.1. Прочностные характеристики стали определяются из СП 16.13330:

- нормативное сопротивление стали по пределу текучести при нормальной температуре, $кг/см^2$;
- модуль упругости металла при нормальной температуре, $кг/см^2$, для сталей принимается E_n= 2 100 000 $кг/см^2$.

8.1.3.2. Теплотехнические свойства стали и облицовки

8.1.3.2.1. Принимаются следующие теплотехнические характеристики стали:

- плотность, $кг/м^3$, $\gamma_{ст}$=7800 $кг/м^3$;
- влажность, в долях, $p_в$=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 $град^2$), $B_{ст}$=-0,048 Вт/(м $град^2$);
- начальный коэффициент теплоемкости C, Дж/(кг град), $C_{ст}$=310 Дж/(кг град);
- коэффициент изменения теплоемкости при нагреве D, Дж/(кг $град^2$), $D_{ст}$=0,48 Дж/(кг $град^2$).

8.1.3.2.2. Теплотехнические характеристики облицовки при нормальной температуре принимаются из технической документации по огнезащите. Коэффициенты изменения теплопроводности и теплоемкости облицовки при нагреве определяются с помощью ЭВМ, методом подбора. Для этого строится несколько моделей испытанных ранее конструкций и проводится ряд теплотехнических расчетов с использованием подобранных свойств материалов, по методу, описанному в п. 7.2.3. Толщина стальной пластины при этом вычисляется согласно п. 7.2.2, 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).

8.1.4. Условия обогрева конструкции:

- начальная температура нагревающей среды принимается 293 °К (20°С);
- обогреваемый периметр сечения стержня (в см) определяется в результате обмеров конструкции или рассчитывается исходя из данных сортамента.

8.2. Расчет прогрева стальных конструкций (теплотехническая задача)

8.2.1. Общие положения

8.2.1.1. 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.

8.2.1.2. Построение номограмм прогрева производится экспериментально-аналитическим методом на основании исходных данных, приведенных в п. 8.1.

8.2.1.3. 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.

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

$$t_{в,\tau} = 345\lg(0{,}133\tau + 1) + t_н \qquad (5)$$

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

τ — время в секундах;

$t_н$ — начальная температура нагревающей среды, °К.

8.2.1.5. Коэффициент передачи тепла α, Вт/(м^2 град), от нагревающей среды с температурой $t_{в,\tau}$ к поверхности конструкции с температурой t_0 вычисляется по формуле:

$$\alpha = 29 + 5{,}77 s_{пр} \frac{(t_{в,\tau}/100)^4 - (t_0/100)^4}{t_{в,\tau} - t_0} \qquad (6)$$

где $s_{пр}$ — приведенная степень черноты системы: "нагревающая среда — поверхность конструкции":

$$s_{пр} = \frac{1}{(1/s) + (1/s_0) - 1} \qquad (7)$$

где s — степень черноты огневой камеры печи. $s = 0{,}85$;

s_0 — степень черноты обогреваемой поверхности конструкции.

8.2.1.6. Расчет температуры металлического стержня конструкций производится с помощью ЭВМ с использованием программ, апробированных для решения задач нестационарной теплопроводности.

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 тем-

пература стержня вычисляется последовательно через расчетные интервалы времени — $\Delta\tau$ до заданного критического значения.

8.2.1.7. Начальные условия:

Начальная температура во всех точках сечения конструкции ($t_{ст}$, t_0) и температура окружающей среды ($t_в$) до теплового воздействия одинаковы и равны 293 °К.

8.2.1.8. Величина расчетного интервала времени — $\Delta\tau$ (шаг программы) выбирается такой, чтобы она целое число раз укладывалась в интервале машинной записи результатов расчета. При этом выбранная величина $\Delta\tau$ не должна превышать значения, которое вычисляется по формуле (10).

8.2.2. Незащищенные металлические конструкции

8.2.2.1. Для компьютерного расчета незащищенных металлических конструкций применяется формула имеющая вид:

$$t_{ст,\Delta\tau} = \frac{\Delta\tau}{\gamma_{ст}\delta_{пр}\left(C_{ст} + D_{ст}t_{ст}\right)}\alpha\left(t_{в,\tau} - t_{ст}\right) + t_{ст} \qquad (8)$$

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

$t_{ст}$ — температура стержня в данный момент времени τ, °К;

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

α — коэффициент передачи тепла от нагревающей среды к поверхности конструкции, Вт/(м^2 град);

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

$D_{ст}$ — коэффициент изменения теплоемкости металла при нагреве, Дж/(кг град^2);

$\gamma_{ст}$ — удельный вес металла, кг/м^3;

$\delta_{пр}$ — приведенная толщина металла, м:

$$\delta_{пр} = \frac{F}{П} \qquad (9)$$

где F — площадь поперечного сечения стержня, м^2;

$П$ — обогреваемый периметр сечения стержня, м.

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

$$\Delta\tau_{max} = \frac{\gamma_{ст}\delta_{пр}\left(C_{ст} + D_{ст}t_{ст}\right)}{\alpha} \qquad (10)$$

где α и $t_{ст}$— максимально возможные значения в расчете.

8.2.3. Конструкции с огнезащитными облицовками

8.2.3.1. Для плоских конструкций с одномерным потоком тепла по толщине алгоритм машинного расчета составляется на основании схемы, изображенной на рисунке 2. Огнезащитная облицовка толщиной δ_0 разбивается на n-ое число слоев Δx.

Примечание: В расчете не учитываются грунтовочные и финишные слои облицовки, если их теплоизоляционные свойства существенно ниже, чем у основного слоя облицовки.

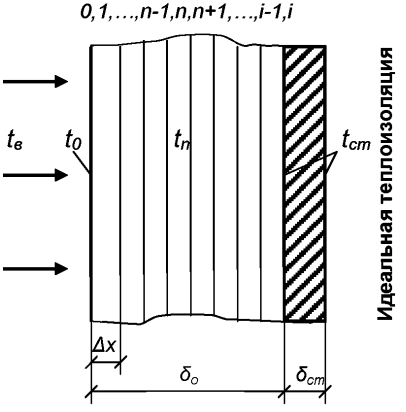


Рисунок 2. Схема к расчету на ЭВМ прогрева стальной пластины с огнезащитной облицовкой

8.2.3.2. Температура на стальной пластине $t_{ст,\Delta\tau}$, через расчетный интервал времени $\Delta\tau$, вычисляется по формулам:

- температура на обогреваемой поверхности облицовки:

$$t_{0,\Delta\tau} = \frac{2\Delta\tau\left[A(t_1 - t_0) + 0{,}5B\left(t_1^2 - t_0^2\right) + \alpha(t_в - t_0)\Delta x\right]}{\gamma_0 \Delta x^2 (C + Dt_0)} + t_0 - t_ф \qquad (11)$$

- температура во внутренних слоях облицовки:

$$t_{n,\Delta\tau} = \frac{\Delta\tau\left[A(t_{n-1} - 2t_n + t_{n+1}) + 0{,}5B\left(t_{n-1}^2 - 2t_n^2 + t_{n+1}^2\right)\right]}{\gamma_0 \Delta x^2 (C + Dt_n)} + t_n - t_ф \qquad (12)$$

- температура на стальной пластине:

$$t_{ст,\Delta\tau} = \frac{2\Delta\tau\left[A(t_n - t_{ст}) + 0{,}5B\left(t_n^2 - t_{ст}^2\right)\right]}{\Delta x\left[\gamma_0 \Delta x (C + Dt_{ст}) + 2\gamma_{ст}\delta_{ст}(C_{ст} + D_{ст}t_{ст})\right]} + t_{ст} - t_ф \qquad (13)$$

где: A — начальный коэффициент теплопроводности облицовки, Вт/(м град);

B — коэффициент изменения теплопроводности облицовки при нагреве, Вт/(м град^2);

C — начальный коэффициент теплоемкости облицовки, Дж/(кг град);

D — коэффициент изменения теплоемкости облицовки при нагреве, Дж/(кг град^2);

— фиктивная температура

$$t_ф = \frac{p_в r}{100\left[(C + Dt_{ст}) + \frac{2\gamma_{ст}\delta_{ст}(C_{ст} + D_{ст}t_{ст})}{\gamma_0 \Delta x}\right]} -$$

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

r – скрытая теплота парообразования воды, r=2260·10^3 Дж/кг;

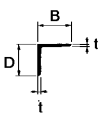
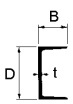
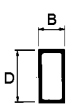
8.3. Определение времени прогрева стальной конструкции до критической температуры

8.3.1. Чтобы определить предел огнестойкости конструкции, необходимо произвести прочностной расчет для определения критической температуры $t_{кр}$ стали исследуемой конструкции либо принять $t_{кр}$ = 500 °С (в случае невозможности определения исходных данных для прочностного расчета, а также при отсутствии необходимости производить расчет толщины огнезащиты в зависимости от напряженно-деформированного состояния конструкции).

8.3.2. Далее следует определить приведенную толщину металла конструкции по формуле (9), где F — площадь поперечного сечения конструкции (в мм^2) определяется из сортамента, $П$ — обогреваемый периметр конструкции, мм (см. таблицу 5).

Таблица 5

Значения обогреваемого периметра для типовых стальных конструкций с огнезащитой, применяемых в строительстве

Профиль	Обогреваемый периметр *П* при различных условиях обогрева			
	Облицовка по контуру		Облицовка в виде короба	
	с 4 сторон	с 3 сторон	с 4 сторон	с 3 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
	 *π*D	-//-	 *π*D	-//-

8.3.3. Выбрав номограмму, соответствующую виду и толщине заданного огнезащитного покрытия, следует определить критическую температуру стали исследуемой конструкции и отложить по вертикальной оси номограммы ее значение, тогда проекция этой точки на горизонтальную ось будет соответствовать пределу огнестойкости конструкции с заданным огнезащитным покрытием.

Примечание: Для поиска промежуточных значений толщины облицовки и приведенной толщины металла допускается использовать линейную интерполяцию графиков номограммы. Экстраполяция не допускается.

8.3.4. 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.

8.4. Оценка результатов расчета

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

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

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

8.4.4. При решении обратной задачи значения толщин огнезащиты для обеспечения требуемых пределов огнестойкости вносятся в общую ведомость строительных конструкций здания.

9. ПОДБОР СРЕДСТВ ОГНЕЗАЩИТЫ КОНСТРУКЦИЙ

В ведомости стальных несущих конструкций производится сравнение требуемых пределов огнестойкости конструкций с фактическими и устанавливается целесообразность разработки мероприятий по огнезащите.

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

свойств материалов огнезащиты.

Применение того или иного способа 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 увеличения нагрузки на конструкцию за счет веса огнезащиты (утяжеление конструкции);
- возможность периодического контроля покрытия и восстановления после повреждений;
- сейсмоустойчивость конструкции с огнезащитой;
- температурно-влажностные условия эксплуатации и производства работ по огнезащите, степень агрессивности окружающей среды;
- сезонность нанесения;
- технологичность нанесения огнезащиты;
- момент монтажа огнезащиты (во время возведения здания или его эксплуатации);
- срок годности материала;
- условия хранения и транспортировки;
- срок службы покрытия;
- требования к декоративному виду;
- гигиенические свойства;
- стоимость огнезащитного материала и работ по предварительной подготовке конструкций и монтажу огнезащиты.

10. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ РАЗЛИЧНЫХ СРЕДСТВ ОГНЕЗАЩИТЫ ДЛЯ НЕСУЩИХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

10.1. Для стальных конструкций в жилых зданиях следует применять только конструктивную огнезащиту без использования вспучивающихся компонентов.

10.2. При выборе средств огнезащиты следует учитывать эстетические, экологические и технологические особенности.

10.3. В жилых помещениях, а также в местах, исключающих возможность проверки качества средств огнезащиты, должны применяться средства огнезащиты со сроком эксплуатации без проверки, равным сроку эксплуатации здания, либо средства огнезащиты должны иметь срок эксплуатации, соответствующий сроку между капитальными ремонтами здания, предусматривающими возможность капитального ремонта конструкций в данных помещениях.

10.4. Средства огнезащиты для стальных конструкций должны иметь техническую документацию (технические условия, технологические регламенты, паспорта), разработанную производителем и зарегистрированную в установленном порядке.

10.5. Нанесение огнезащитных составов на поверхности, ранее обработанные пропиточными, лакокрасочными и другими составами, в том числе огнезащитными составами других марок, допускается при положительных результатах исследований на их совместимость, включающих установление сохранения огнезащитных, эксплуатационных свойств, внешнего вида и срока службы огнезащитной обработки.

10.6. Средства огнезащиты для стальных строительных конструкций следует использовать при условии оценки предела огнестойкости конструкций с нанесенными средствами огнезащиты по ГОСТ 30247.0-94, ГОСТ 30247.1-94, с учетом способа крепления (нанесения), указанного в техни-

ческой документации на огнезащиту, и (или) разработки проекта огнезащиты.

10.7. Проверка качества осуществляется в соответствии с инструкцией завода-изготовителя огнезащитного состава и нормативных документов по пожарной безопасности.

10.8. Выбор строительных конструкций со средствами огнезащиты и систем противопожарной защиты при проектировании зданий, сооружений и строений в сейсмических районах следует проводить с учетом устойчивости при пожаре, воздействии землетрясения и после него. При этом устойчивость к сейсмическим воздействиям строительных конструкций со средствами огнезащиты и систем противопожарной защиты следует определять расчетными или экспериментальными методами на натурных фрагментах. При проектировании средств огнезащиты необходимо использовать результаты испытаний на сейсмостойкость фрагментов строительных конструкций, проводимых аккредитованными организациями, с последующей оценкой состояния огнезащиты стандартными методами огневых испытаний. Допускается оценка состояния покрытия после испытаний на сейсмостойкость путем определения адгезии при отсутствии трещин, сколов, отслоений и т. п., с использованием нормативных лабораторных методов и выдачей соответствующих заключений.

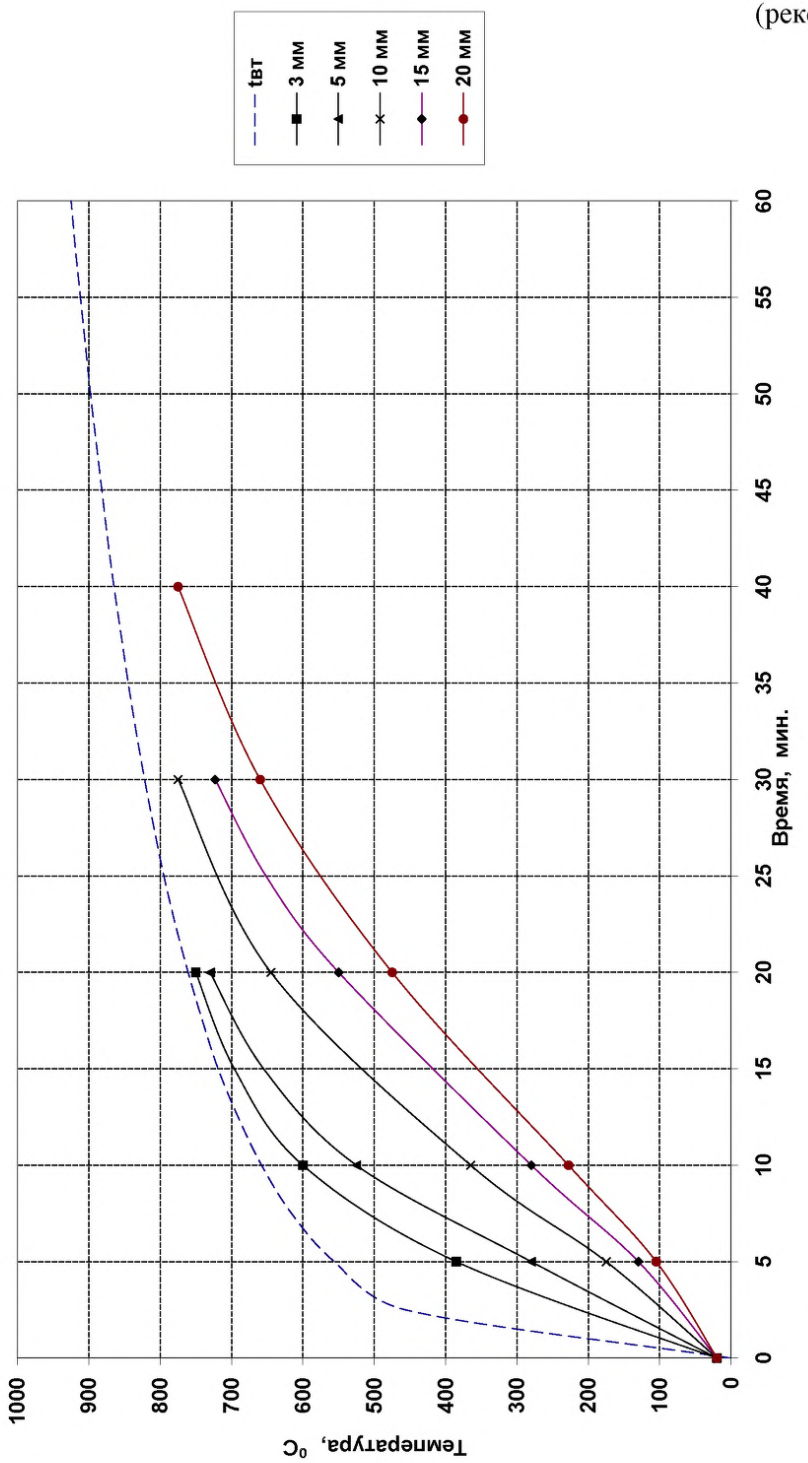
10.9. Допускается применение средств огнезащиты из материалов с дополнительными покрытиями, придающими декоративность огнезащитному слою или устойчивость к неблагоприятному климатическому воздействию. В этом случае огнезащитная эффективность должна указываться с учетом этого слоя.

10.10. В соответствии с СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85», совместное применение антикоррозионных и огнезащитных составов должно осуществляться с учетом их совместимости и адгезии. Возможность применения огнезащитных составов поверх антикоррозионных не-

обходимо подтверждать огневыми испытаниями. Средства огнезащиты, наносимые на стальные конструкции, не должны приводить к коррозии конструкций. При использовании конструкционной огнезащиты необходимо предусматривать дополнительные мероприятия по обеспечению коррозионной защиты конструкций с учетом вида и степени агрессивного воздействия среды.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А
(рекомендуемое)



$t_{вт}$ – стандартная температурная кривая по ГОСТ 30247.0;
$\delta_{пр}$ – приведенная толщина металла: 3, 5, 10, 15, 20 мм.

Рисунок А1. Пример построения номограммы прогрева незащищенных стальных конструкций

Приложение Б
(рекомендуемое)

Расчет оптимальных вариантов огнезащиты для стальных конструкций объекта

№ п/п	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 δ_o, мм	Площадь S_o, м²

Сводная таблица расчета расхода огнезащитной облицовки по элементам каркаса

Наименование конструкций, требуемый предел огнестойкости	Площадь огнезащитной облицовки, либо защищаемой поверхности конструкции, м^2	Расход огнезащитной облицовки				Доп. материалы	
		Состав №1	Состав №2	Облицовка №1	Облицовка №2	Состав №3 (покрывной лак)	Грунт
		показатели расхода:					
Итого							
Доп. расходы при монтаже и потери (по данным производителя), %							
Итого, с учетом доп. расходов и потерь							

АССОЦИАЦИЯ РАЗВИТИЯ
СТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

+7 (495) 744-02-63
info@steel-development.ru

gost.e-ecolog.ru
gost.e-ecolog.ru