АРСС

Ассоциация развития стального строительства

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
СТО АРСС 11251254.001-018-03

Проектирование огнезащиты несущих стальных конструкций с применением различных типов облицовок

ВНПБ 73-18

Москва
2018

gost.e-ecolog.ru

Проектирование огнезащиты несущих стальных конструкций с применением различных типов облицовок

Москва
2018

УДК 614.84:624.014
ББК 38.53 + 68.923
П79

Аторский коллектив: Д.Г. Пронин (ФГБУ ЦНИИП Минстроя России), С.А. Тимонин (ООО «ПОЖАРНЫЙ ИНЖЕНЕР»), В.И. Голованов (ФГБУ ВНИИПО МЧС России).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОГНЕЗАЩИТЫ НЕСУЩИХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ОБЛИЦОВОК

Утверждено:
приказом Генерального директора Ассоциации развития стального строительства №08/01 от 30.08. 2018 г. и введено в действие с 3 сентября 2018 года.

Рецензенты:
к.т.н., с.н.с. В.В. Пивоваров - НП «НАНПБ», к.т.н. А.В. Пехотиков, с.н.с. А.В.Булгаков - ФГБУ ВНИИПО МЧС России, д.т.н., профессор А.Р. Туснин - МГСУ НИУ, к.т.н. Д.В. Конин, к.т.н. В.А. Артамонов - ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко (институт АО «НИЦ «Строительство»), З.Т. Читаишвили («Ферро-строй»), А.Д. Яковлев, А.А. Сосков (АРСС)

П79 Стандарт «Проектирование огнезащиты несущих стальных конструкций с применением различных типов облицовок» / Ассоциация развития стального строительства ; [Д.Г. Пронин, С.А. Тимонин, В.И. Голованов]. – Москва : АКСИОМ ГРАФИКС ЮНИОН, 2018. – 72 с. : ил.

На страницах этого издания освещены основные требования к выполнению проекта огнезащиты несущих стальных конструкций, включающие требования по прочностному 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.

УДК 614.84:624.014
ББК 38.53 + 68.923

ISBN 978-5-6040878-5-5

© Ассоциация развития стального строительства, 2018.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение ... 8
1. Область применения ... 9
2. Термины и определения ... 10
3. Нормативные ссылки ... 12
4. Требования пожарной безопасности ... 13
5. Общие положения по проектированию огнезащиты несущих стальных конструкций ... 16
6. Состав проекта огнезащиты ... 19
7. Анализ технической документации ... 20
8. Метод расчета фактических пределов огнестойкости стальных конструкций ... 21
   8.1.Подготовка исходных данных ... 21
      8.1.1. Параметры опирания-нагружения конструкции ... 21
      8.1.2. Геометрические параметры конструкции ... 22
      8.1.3. Свойства стали и материалов облицовки ... 22
         8.1.3.1. Прочностные характеристики стали ... 22
         8.1.3.2. Теплотехнические свойства стали и облицовки ... 22
      8.1.4. Условия обогрева конструкции ... 23
   8.2.Прочностной расчет стержневых конструкций ... 23
      8.2.1. Центрально-сжатые элементы ... 23
      8.2.2. Центрально-растянутые элементы ... 24
      8.2.3. Внецентренно-сжатые элементы ... 24
      8.2.4. Внецентренно-растянутые элементы ... 24
      8.2.5. Изгибаемые элементы ... 24
      8.2.6. Сжато-изгибаемые элементы ... 25
      8.2.7. Растянуто-изгибаемые элементы ... 25
   8.3.Расчет прогрева стальных конструкций (теплотехническая задача) ... 27
      8.3.1. Общие положения ... 27
      8.3.2. Незащищенные конструкции ... 29
      8.3.3. Конструкции с огнезащитными облицовками ... 30
   8.4.Определение времени прогрева стальной конструкции до критической температуры ... 31
   8.5.Оценка результатов расчета ... 33
9. Подбор средств огнезащиты конструкций ... 33
10.Рекомендации по применению различных средств огнезащиты для несущих стальных конструкций. ... 35
11. Номограммы прогрева стальных конструкций с различными типами облицовок ... 37
   11.1. Номограммы прогрева стальных конструкций с облицовками из листов ГВЛ ... 42

11.2. Номограммы прогрева стальных конструкций с облицовками из плит КНАУФ-Файерборд 46
11.3. Номограммы прогрева стальных конструкций с облицовками из листов ГКЛО 50
11.4. Номограммы прогрева стальных конструкций с облицовками из цементно-песчаной штукатурки 54
11.5. Номограммы прогрева стальных конструкций с облицовками из штукатурного состава "Панцирь-О" 58
Приложения 62

ПРЕДИСЛОВИЕ

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и Федеральным законом от 1 мая 2007 г. № 65-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О техническом регулировании», а правила применения Стандарта организации - ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организации. Общие положения».

1 РАЗРАБОТАН	Обществом с ограниченной ответственностью «ПОЖАРНЫЙ ИНЖЕНЕР» (ООО «ПОЖАРНЫЙ ИНЖЕНЕР»)
2 СОГЛАСОВАНО	ФГБУ ВНИИПО МЧС России (Заключение от 01.08.2018г.)
	ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко – институт АО «НИЦ «Строительство» (письмо от 13.08.2018 года № 20-1057)
	НП «Национальная Академия наук пожарной безопасности» (Экспертное заключение от № 17-18-18
	Согласован и зарегистрирован в качестве нормативного документа по пожарной безопасности с присвоением обозначения (шифра) «ВНПБ 73-18» (письмо департамента надзорной деятельности и профилактической работы МЧС РФ от 31.08.2018 №19-2-4-1672).
3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ	Приказом Генерального директора Ассоциации развития стального строительства (АРСС) № 08/01 от 30.08.2018г.
4 ВВЕДЕН	ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведён, тиражирован и распространён 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».

Методические рекомендации, изложенные в стандарте, содержат основные требования к выполнению проекта огнезащиты несущих стальных конструкций, включающие требования по прочностному 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 результаты огневых испытаний конструкций по ГОСТ 30247.0-94 и ГОСТ 30247.1-94.

Авторский коллектив: Д.Г. Пронин (ФГБУ ЦНИИП Минстроя России), С.А. Тимонин (ООО «ПОЖАРНЫЙ ИНЖЕНЕР»), В.И. Голованов (ФГБУ ВНИИПО МЧС России).

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Настоящий стандарт устанавливает общие требования к проектированию огнезащиты несущих стальных конструкций жилых и общественных зданий, и применяется 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, в соответствии с настоящим стандартом.

1.3. Расчетный метод, представленный в настоящем стандарте, распространяется на стальные стержневые конструкции с конструктивной огнезащитой, и предназначен для определения пределов огнестойкости:

- стальных колонн с конструктивной огнезащитой листовыми материалами ГВЛ, ГКЛО и КНАУФ-Файерборд, находящихся в составе ограждающих конструкций наружных и внутренних стен, в соответствии с приложением А;

- стальных колонн с огнезащитными облицовками из цементно-песчаной штукатурки и штукатурного состава «Панцирь-О».

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.).

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

2. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Конструктивная огнезащита [ГОСТ Р 53295-2009]: Способ огнезащиты строительных конструкций, основанный на создании на обогреваемой поверхности конструкции теплоизоляционного слоя средства 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.

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 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.

Обозначения и сокращения

ФЗ-123 - Технический регламент: Федеральный закон "Технический регламент 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 строительства. 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

Основные требования пожарной безопасности в части огнестойкости и пожарной опасности строительных конструкций для зданий и сооружений различного назначения изложены в разделе 6 СП 2.13130.

Степень огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности, допустимую высоту зданий и площадь этажа в пределах пожарного отсека жилых и общественных зданий следует принимать по таблицам 6.8 – 6.13 СП 2.13130.

Соответствие степени огнестойкости зданий и предела огнестойкости применяемых в них строительных конструкций приведено в таблице 1 [таблица 21 приложения к ФЗ-123].

Таблица 1

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	E 30	REI 120	R 60
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	E 15	REI 90	R 60
III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	E 15	REI 60	R 45
IV	R 15	E 15	REI 45	RE 15	E 15	REI 45	R 15
V	Не нормируется						

Здания I, II и III степеней огнестойкости жилых и общественных зданий допускается надстраивать одним мансардным этажом, согласно требованиям СП 2.13130. 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.

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

Класс пожарной опасности и предел огнестойкости внутриквартирных, в том числе шкафных, сборно-разборных, с дверными проемами и раздвижных перегородок не нормируются.

Несущие конструкции покрытия встроенно-пристроенной части жилых и общественных зданий должны иметь предел огнестойкости не менее R 45 и класс пожарной опасности К0. При наличии в здании окон, ориентированных на встроенно-пристроенную часть здания, уровень кровли на расстоянии 6 м от места примыкания не должен превышать отметки пола вышерасположенных помещений основной части здания.

Утеплитель в этом месте покрытия должен быть выполнен из материалов НГ.

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

В зданиях I и II степеней огнестойкости для обеспечения требуемого предела огнестойкости несущих элементов здания, отвечающих за его общую устойчивость и геометрическую неизменяемость при пожаре, следует применять конструктивную огнезащиту.

Средства огнезащиты для стальных и железобетонных строительных конструкций следует использовать при условии оценки предела огнестойкости конструкций с нанесенными средствами огнезащиты по ГОСТ 30247, с учетом способа крепления (нанесения), указанного в технической документации на огнезащиту, и (или) разработки проекта огнезащиты.

Выбор типа конструктивной огнезащиты осуществляется с учетом режима эксплуатации объекта защиты, в соответствии с рекомендациями пп. 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.

Для стальных конструкций, защищенных огнезащитными покрытиями, предельным состоянием будет достижение критической температуры конструкции.

Для нормирования пределов огнестойкости несущих конструкций (колонн, балок, ферм, арок и рам) используют следующие предельные состояния: 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.

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.

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 расчетом по приложению Б.

5. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОГНЕЗАЩИТЫ НЕСУЩИХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

5.1. Концепция огнезащиты стальных конструкций базируется на выполнении 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 незащищённых 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 2). Возможен расширенный вариант таблицы, приведенный в приложении В.

Примечание: При включении технических решений по огнезащите в комплект рабочей документации марки «КМ» и/или «АР» все расчеты выполняются в соответствии с действующими требованиями для рабочей документации, с учетом положений настоящего стандарта.

Таблица 2

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

определении времени от начала теплового воздействия до достижения критической температуры – *теплотехнический расчет*. Алгоритм определения фактических пределов огнестойкости стальных конструкций по несущей способности показан на рис. 1.

5.5. Прочностной расчет (см. п. 8.2) выполняется на основании исходных данных, полученных из проектной документации, либо взятых в результате обследования объекта защиты.

Допускается принимать критическую температуру стальных элементов равной 500 °С (по ГОСТ Р 53295), 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.

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. 8.3. Далее определение предела огнестойкости производится с помощью номограмм (см. п. 8.4).

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.

6. СОСТАВ ПРОЕКТА ОГНЕЗАЩИТЫ

Проект огнезащиты выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 21.1101, и должен иметь следующие разделы:

1. Введение (сведения о заказчике, исполнителе, основании 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, и 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).

* - позиции, которые 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 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, 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 силовые факторы в элементе от постоянных и временных длительных нагрузок, принятых с коэффициентом надежности по нагрузке равным 1, кг или кг·см – определяется при сборе нагрузок в соответствии с СП 20.13330;

8.1.1.3. Эксцентриситет приложения нормативной нагрузки, см – для внецентренно-сжатых и внецентренно-растянутых стержней определяется случайный эксцентриситет в соответствии с СП 16.13330, а также расчётный эксцентриситет, зависящий от места приложения к нему сосредоточенной силы;

8.1.1.4. 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 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, $см^2$;
- 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 – определяется 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 $E_п$= 2100000 $кг/см^2$;

8.1.3.2. Теплотехнические свойства стали и облицовки

8.1.3.2.1. Теплотехнические характеристики стали принимаются следующие:

- 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 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. 8.3.2. Толщина стальной пластины при этом вычисляется согласно п. 8.4.2, 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;
- обогреваемый периметр сечения стержня, см – определяется в результате обмеров конструкции или рассчитываются исходя из данных сортамента.

8.2. Прочностной расчет стержневых конструкций

Вычислить коэффициенты $\gamma_т$ и $\gamma_е$ для исследуемой конструкции в зависимости от вида нагружения конструкции:

8.2.1. Центрально-сжатые элементы:

$$\gamma_т = \frac{N_n}{F R_{yn}} \qquad (1)$$

$$\gamma_е = \frac{N_n l_{ef}^2}{\pi^2 E_n J_{min}} \qquad (2)$$

где N_n – усилие от нормативной нагрузки, кг;

F - площадь поперечного сечения стержня, см^2;

R_{yn} - начальное нормативное сопротивление металла ,кг/см^2;

E_n - начальный модуль упругости металла, кг/см^2,

для сталей - E_n= 2100000 кг/см^2;

l_{ef} - расчетная длина стержня, см;

J_{min} - наименьший момент инерции сечения стержня, см^4.

Расчетная длина - l_{ef} 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 - $0,7\ l$.

8.2.2. Центрально-растянутые элементы:

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

8.2.3. Внецентренно-сжатые элементы:

$$\gamma_T = \frac{N_n}{R_{yn}}\left(\frac{e}{W}+\frac{1}{F}\right) \qquad (3)$$

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

W - момент сопротивления сечения, см^3.

Коэффициент γ_e находится по формуле (2).

8.2.4. Внецентренно-растянутые стержни:

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

8.2.5. Изгибаемые элементы:

$$\gamma_T = \frac{M_n}{W R_{yn}} \qquad (4)$$

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:

$$M_n = \frac{gl^2}{8}$$

для сосредоточенной нагрузки:

$$M_n = \frac{Pab}{l}$$

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

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

8.2.6. Сжато-изгибаемые элементы:

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

8.2.7. Растянуто-изгибаемые элементы:

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

Примечание: При определении напряжений с использованием расчетных комплексов допускается $\gamma_т$ определять как $\gamma_T = \frac{\sigma_n}{R_{yn}}$ (где σ_n напряжения по результатам расчёта), а γ_e определять, как $\gamma_e = A_н/A^н$ ($A_н$ - наибольшая деформация в элементе, возникающая при расчете сооружения от постоянных и временных длительных нагрузок; $A^н$ - деформация в элементе, возникающая при максимально возможной деформации сооружения в соответствии с требованиями строительных норм).

8.2.8. Определить критическую температуру $t_{кр}$ стержня как наименьшую величину из двух найденных по таблице 3 значений, в зависимости от коэффициентов $\gamma_т$ и γ_e.

Таблица 3

Значения коэффициентов $\gamma_т$ и γ_e, учитывающих изменения нормативного сопротивления R_{yn} и модуля упругости E_n стали в зависимости от температуры.

Температура, °С	$\gamma_т$	γ_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

8.3. Расчет прогрева стальных конструкций (теплотехническая задача)

8.3.1. Общие положения

8.3.1.1. Для определения времени прогрева исследуемой конструкции в настоящем стандарте представлены номограммы прогрева стальных конструкций с различными типами облицовок, выполненными из плитных и листовых материалов, в зависимости от приведенной толщины металла и толщины слоя покрытия (см. рис. 3-22). В случае применения других видов облицовок должны быть построены аналогичные номограммы.

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

8.3.1.3. 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.

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

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

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

τ - время в секундах;

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

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

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

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

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

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

s_0 - степень черноты обогреваемой поверхности конструкции.

8.3.1.6. 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 температура стержня вычисляется последовательно через расчетные интервалы времени - $\Delta\tau$ до заданного критического значения.

8.3.1.7. Начальные условия:

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

8.3.1.8. 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).

8.3.2. Незащищенные металлические конструкции

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

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

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

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

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

γ_{cm} - удельный вес металла, кг/м^3;

δ_{np} - приведенная толщина металла, м:

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

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

$П$ - обогреваемый периметр сечения стержня, м.

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

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

где α и t_{cm} - максимально возможные значения в расчете.

8.3.3. Конструкции с огнезащитными облицовками

8.3.3.1. Для плоских конструкций с одномерным потоком тепла по толщине алгоритм машинного расчета составляется на основании схемы, изображенной на рис. 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.

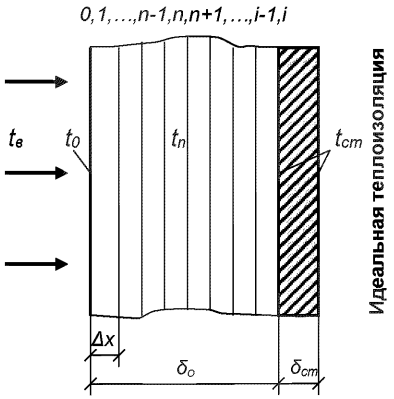


Рис. 2. Схема к расчету на ЭВМ прогрева стальной пластины с огнезащитной облицовкой.

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

- температура на обогреваемой поверхности облицовки:

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

- температура во внутренних слоях облицовки:

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

- температура на стальной пластине:

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

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);

$$t_{\phi} = \frac{p_в r}{100\left[\left(C + Dt_{cm}\right) + \frac{2\gamma_{cm}\delta_{cm}\left(C_{cm} + D_{cm}t_{cm}\right)}{\gamma_0 \Delta x}\right]}$$ - фиктивная температура. (14)

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

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

8.4. Определение времени прогрева стальной конструкции до критической температуры

8.4.1. Для определения предела огнестойкости конструкции необходимо произвести прочностной расчет согласно п. 8.2. 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).

8.4.2. Далее следует определить приведенную толщину металла конструкции по формуле (9), где F - площадь поперечного сечения конструкции, мм^2 определяется из сортамента, $П$ - обогреваемый периметр конструкции, мм – см. Таблицу 4.

Таблица 4

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-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
	 πD	- // -	 πD	- // -

8.4.3. 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.

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

8.4.4. 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.

8.5. Оценка результатов расчета

8.5.1. За результат принимается расчетное время от начала теплового воздействия до достижения критической температуры металла конструкции, определяемое по п. 8.4.

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

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

8.5.4. 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 (по п.8.4), критической температуры (по п.8.2) и требуемого предела огнестойкости (по п.4), 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;
- учитывается 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

Для стальных конструкций в жилых и общественных зданиях рекомендуется применять только конструктивную огнезащиту без использования вспучивающихся компонентов.

Выбор средств огнезащиты должен учитывать эстетические, экологические и технологические особенности.

В 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 соответствующему сроку между капитальными ремонтами здания, предусматривающими возможность капитального ремонта конструкций в данных помещениях.

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

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.

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 технической

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

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

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, отсутствия трещин, сколов, отслоений и др. с использованием нормативных лабораторных методов и выдачей соответствующих заключений.

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 указываться с учетом этого слоя.

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 необходимо 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.

11. НОМОГРАММЫ ПРОГРЕВА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ОБЛИЦОВОК

В данном разделе представлены номограммы прогрева стальных конструкций с различными типами облицовок, выполненными из плитных, листовых и штукатурных материалов (см. рис. 3-22).

Номограммы прогрева стальных конструкций с огнезащитными облицовками построены на основе теплотехнических расчетов, выполненных с применением теплофизических характеристик огнезащитных облицовок, заимствованных из научно-технической литературы (Яковлев А.И. «Расчет огнестойкости строительных конструкций». – М.: Стройиздат, 1988. – 142 с.), с учётом корректировок, внесенных по результатам проведенных экспериментальных исследований рассматриваемых облицовок (см. приложение Д). Теплофизические характеристики огнезащитных облицовок представлены в приложении Е.

Номограммы огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой предназначены для определения пределов огнестойкости стальных конструкций при критических температурах стали: $t_{кр}$ = 450, 500, 550 и 600 °С.

Номограммы построены в координатах: "Приведенная толщина металла, мм" - "Время, мин", где "Время" - время достижения предела огнестойкости конструкции. Каждая точка номограммы соответствует пределу огнестойкости стальной конструкции с определенной приведенной

толщиной металла и толщиной облицовки из плитных и листовых материалов. Точки номограммы, соответствующие конструкциям с одной и той же толщиной облицовки из плитных и листовых материалов, соединены линиями одного цвета и обозначены в легенде в виде значений толщины облицовки (мм). Для поиска промежуточных значений приведенной толщины металла и толщины облицовки следует использовать интерполяцию графиков номограммы.

Для определения предела огнестойкости конструкции необходимо предварительно произвести статический расчет для определения критической температуры стали исследуемой конструкции и принять ближайшее значение $t_{кр}$ из приведенного выше ряда, либо принять нормативное значение $t_{кр}$. Далее следует определить приведенную толщину металла конструкции согласно приведенным выше формулам.

Определив критическую температуру и выбрав соответствующую ей номограмму, на поле номограммы находится график, соответствующий заданной толщине облицовки из плитных и листовых материалов, см. легенду. Выбранный график является функцией зависимости времени предела огнестойкости конструкции от приведенной толщины металла и используется для определения предела огнестойкости стальной конструкции с огнезащитной облицовкой из плитных и листовых материалов.

Аналогичным образом данные номограммы могут использоваться для решения обратных задач: поиска минимальной толщины плитных и листовых материалов, для обеспечения заданного предела огнестойкости, и поиска минимальной приведенной толщины металла конструкции для обеспечения заданного предела огнестойкости.

Представленные номограммы прогрева стальных конструкций с различными видами облицовок могут быть использованы для конструкций находящихся в составе ограждающих конструкций, выполненных из кирпича, ячеистых, керамзитобетонных и др. штучных строительных материалов, а также в составе железобетонных конструкций.

Типовые варианты исполнения облицовок стальных конструкций, находящихся в составе несущих либо ограждающих конструкций (показаны условно), представленные на рис. А23 и А24 (приложение А), выполняются по дополнительному каркасу из тонколистовых оцинкованных профилей, согласно технологическим регламентам, разработанным фирмой КНАУФ.

По результатам проведенных испытаний несущих стальных конструкций с облицовками из плитных и листовых материалов типа ГВЛ (ГКЛ, ГКЛО) толщиной 12,5 мм, выполняемых по стальному каркасу, установлено, что данные облицовки, как правило, должны выполняться двухслойными (2×12,5=25 мм), с целью обеспечения не только требуемой огнестойкости защищаемых стальных элементов, но и необходимых общестроительных функций, таких как стойкость на ударные воздействия и др. требования.

При использовании плитных материалов типа КНАУФ-Файерборд толщиной от 15 мм и более, имеющих более высокую плотность, указанные облицовки могут быть однослойными.

Возможно применять бескаркасные облицовки высотой до 4-х м, закрепляемые только к ограждениям стен, при условии применения листовых материалов типа КНАУФ-Файерборд (ГВЛ) толщиной от 20 мм и более, в соответствии с технологическими регламентами указанного изготовителя.

Как правило, практика строительства предусматривает выполнение ограждающей части стеновой конструкции из штучных материалов (кирпич, блоки различных видов) согласно конструктивным схемам, представленным на рис. А23 и А24 (приложение А), при которых одна из полок стального элемента частично или полностью находится в составе стенового ограждения. В этом случае теплотехнический расчет стальных конструкций с комбинированной огнезащитой выполняется с учетом следующих условий (см. схему на рис. А24):

- толщина стенового ограждения (размер b) принимается не менее 100 мм;

- предел огнестойкости стенового ограждения по признакам потери теплоизолирующей способности (I) и потери целостности (E) принимается не менее требуемого предела огнестойкости примыкаемой несущей стальной конструкции и определяется заранее путем проведения огневых испытаний или расчетов;

- внутреннее подоблицовочное пространство полностью без зазоров заполнено минераловатными плитами плотностью 35-100 кг/м³.

- предел огнестойкости стальной конструкции определяется по представленным номограммам по времени достижения расчётной критической температуры стали $t_{кр}$ части конструкции, выступающей за плоскость ограждения на размер а.

- при этом приведенная толщина металла принимается только для части конструкции, выступающей за плоскость ограждения на размер а, и рассчитывается по формуле (9), где F - площадь поперечного сечения части конструкции, выступающей за плоскость ограждения на размер а, $П$ - обогреваемый периметр конструкции с облицовкой коробчатого сечения, определяемый как: $П = z + 2a - 4\delta_0$ (δ_0 – толщина облицовки, включая направляющие профили).

- размеры x, y выбираются исходя из размеров стальной конструкции, толщины ограждения и технологических особенностей, необходимых для нанесения (согласно схеме) цементно-песчаной штукатурки толщиной, как правило, не менее 40 мм. Рекомендуемый размер x = 50 мм.

В случае частично открытого стального элемента (с противоположной стороны от облицовок рассмотренного типа), либо в труднодоступных местах, целесообразно применить в качестве конструктивной защиты цементно-песчаную штукатурку, выполняемую из раствора марки не ниже М150.

Номограммы прогрева стальных конструкций с облицовками из цементно-песчаной штукатурки толщиной 5, 20 и 40 мм, представлены на рис. 15 - 18.

Номограммы прогрева стальных конструкций с облицовками из штукатурного огнезащитного состава "Панцирь-О" ТУ 23.20.13-002-51086397-2017, представлены на рис. 19 - 22.

11.1. Номограммы прогрева стальных конструкций с облицовками из листов ГВЛ

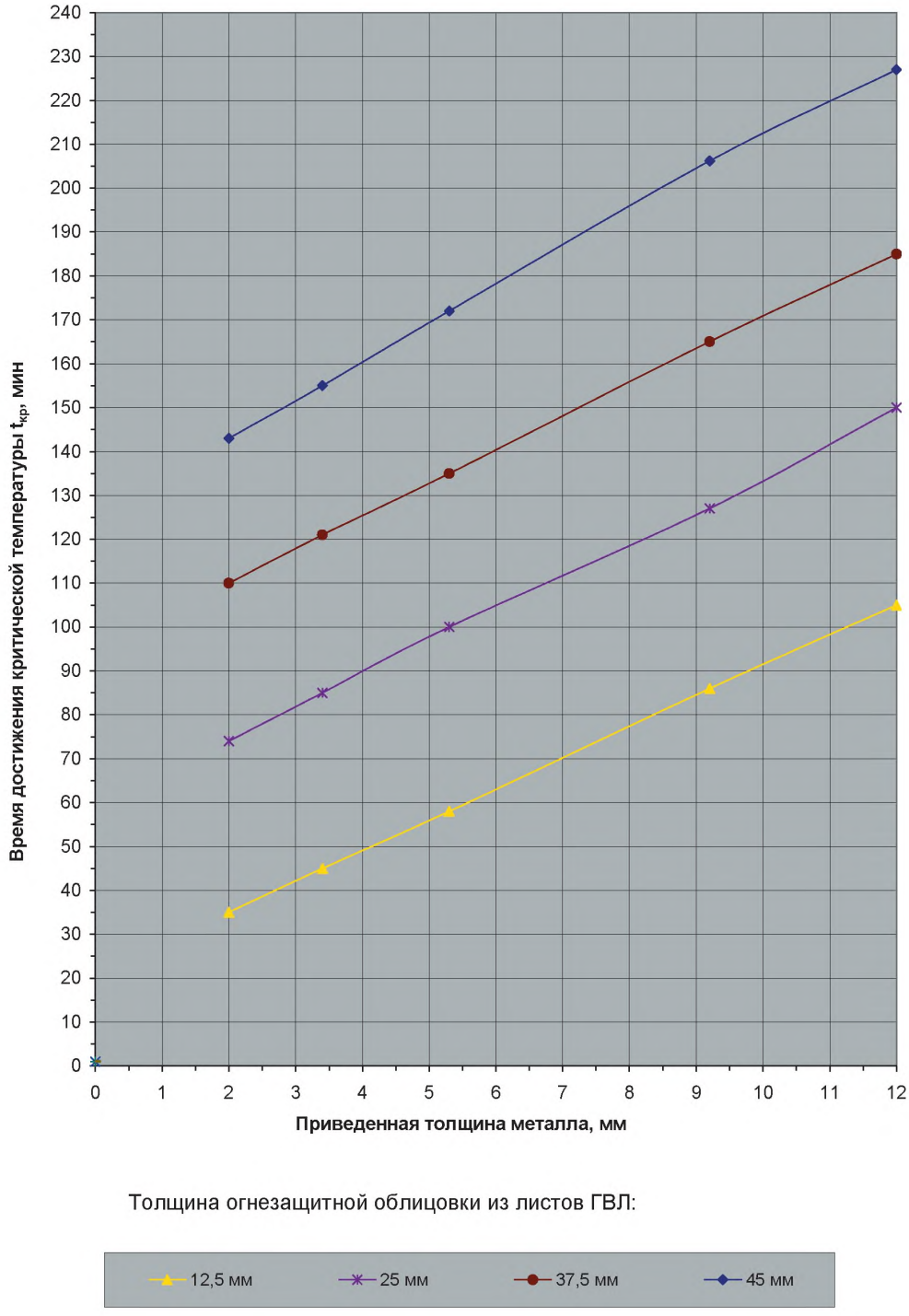


Рис. 3. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитной облицовкой из листов ГВЛ при $t_{кр}$= 450 °С.

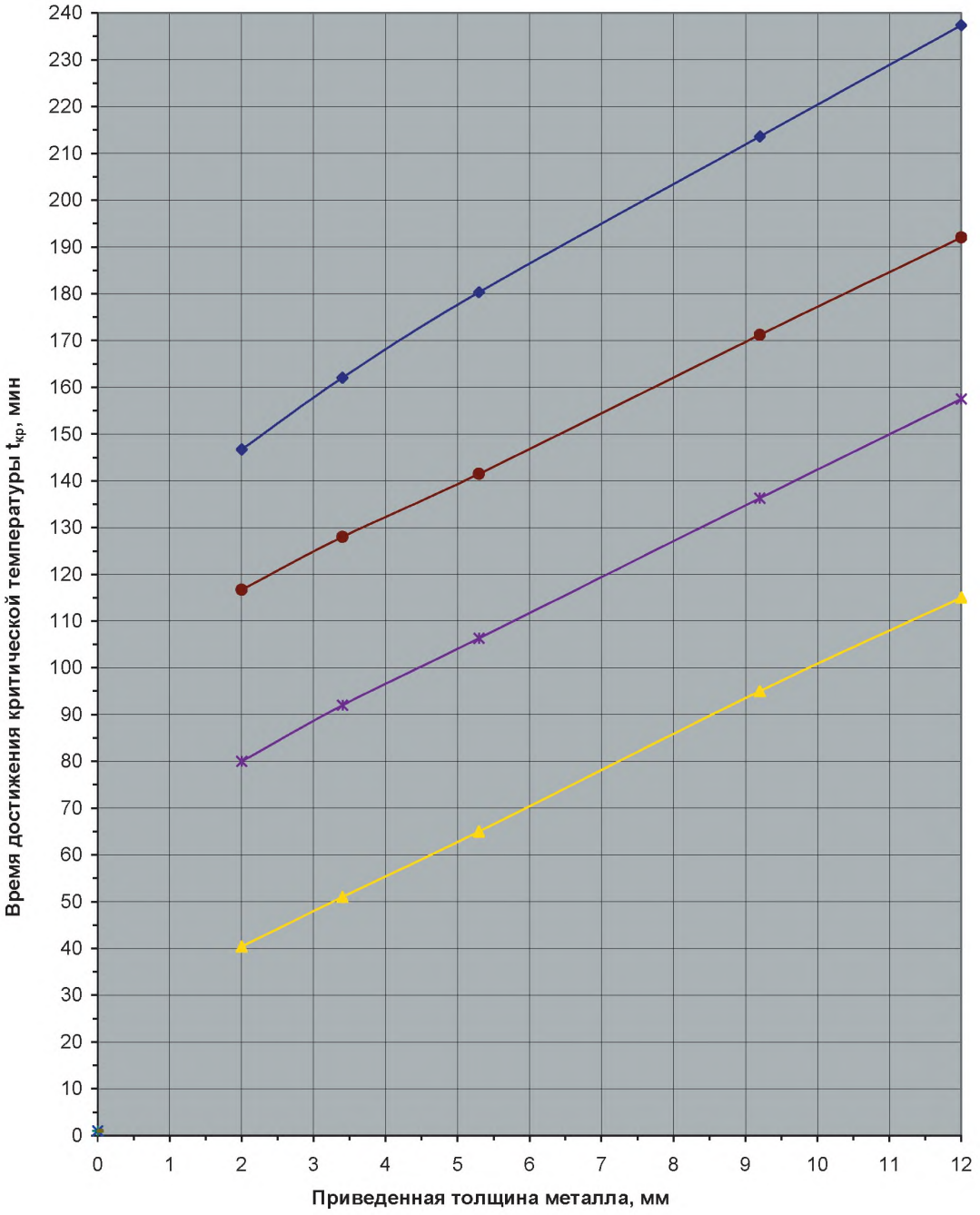


Рис. 4. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитной облицовкой из листов ГВЛ при $t_{кр}$= 500 °С

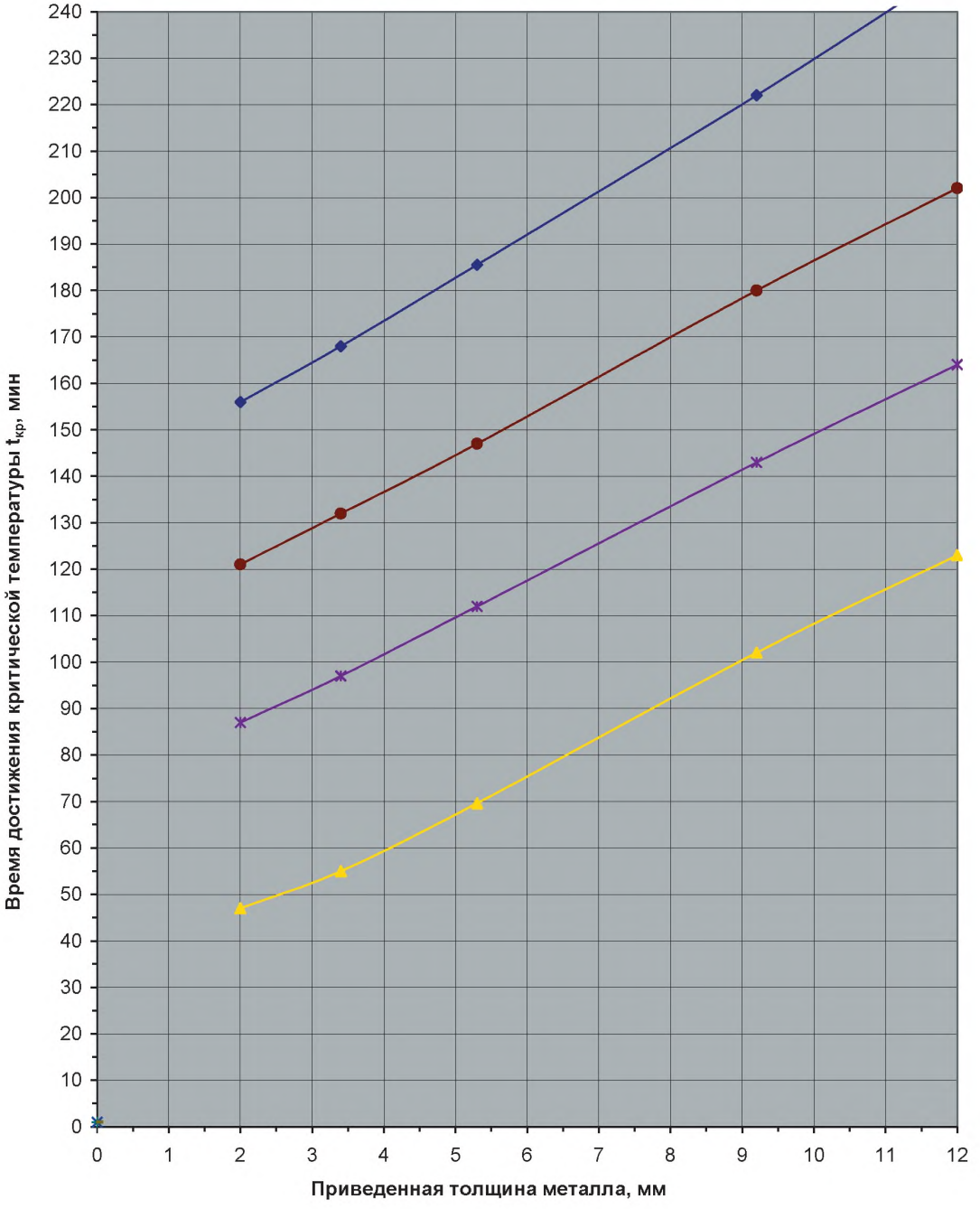


Рис. 5. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитной облицовкой из листов ГВЛ при $t_{кр}$= 550 ºС

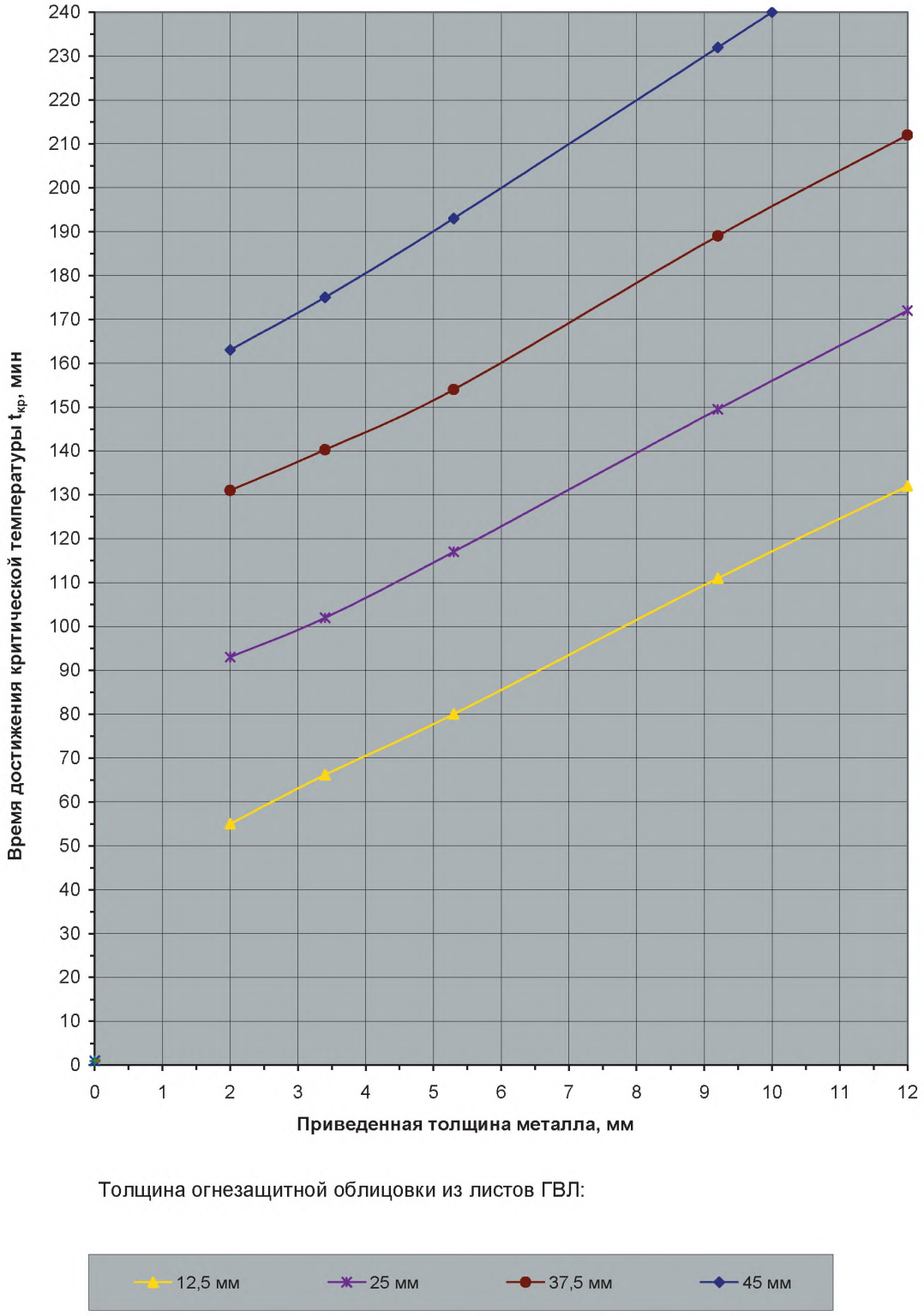
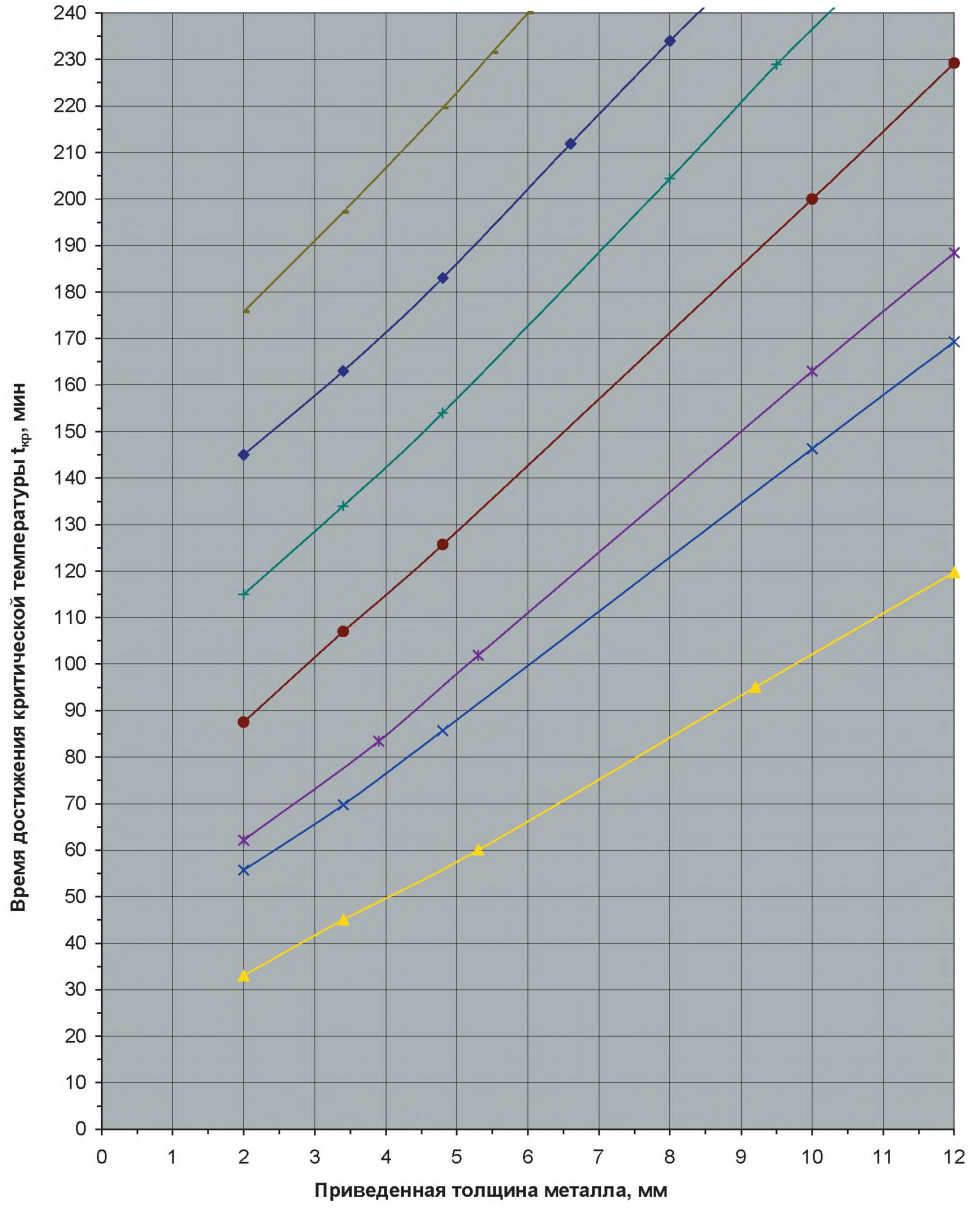


Рис. 6. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитной облицовкой из листов ГВЛ при $t_{кр}$= 600 ºС.

11.2. Номограммы прогрева стальных конструкций с облицовками из плит КНАУФ-Файерборд



Толщина огнезащитной облицовки из плит КНАУФ-Файерборд:



Рис. 7. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитной облицовкой из плит КНАУФ-Файерборд при $t_{кр}$= 450 °С.

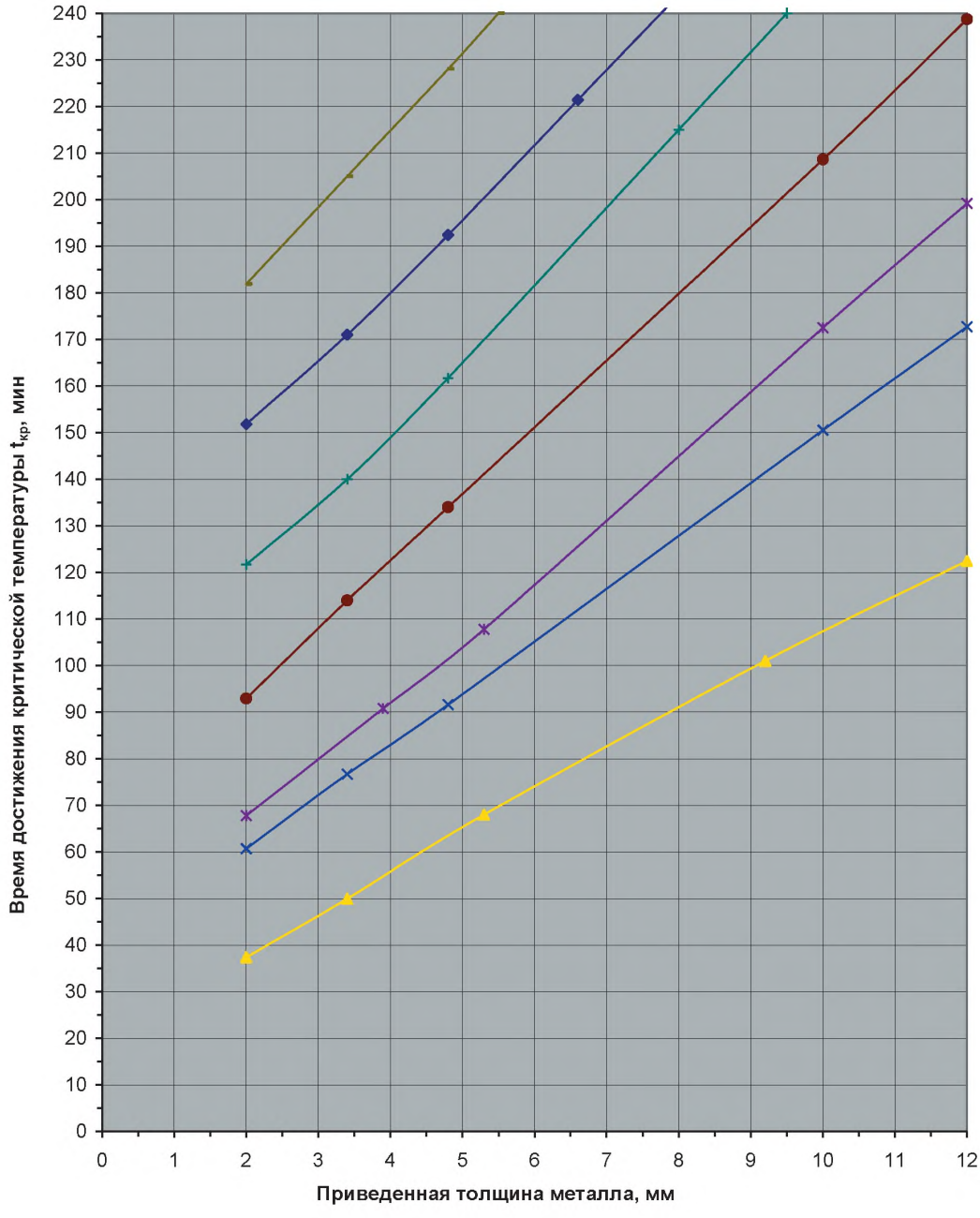


Рис. 8. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитной облицовкой из плит КНАУФ-Файерборд при $t_{кр}$= 500 °С.

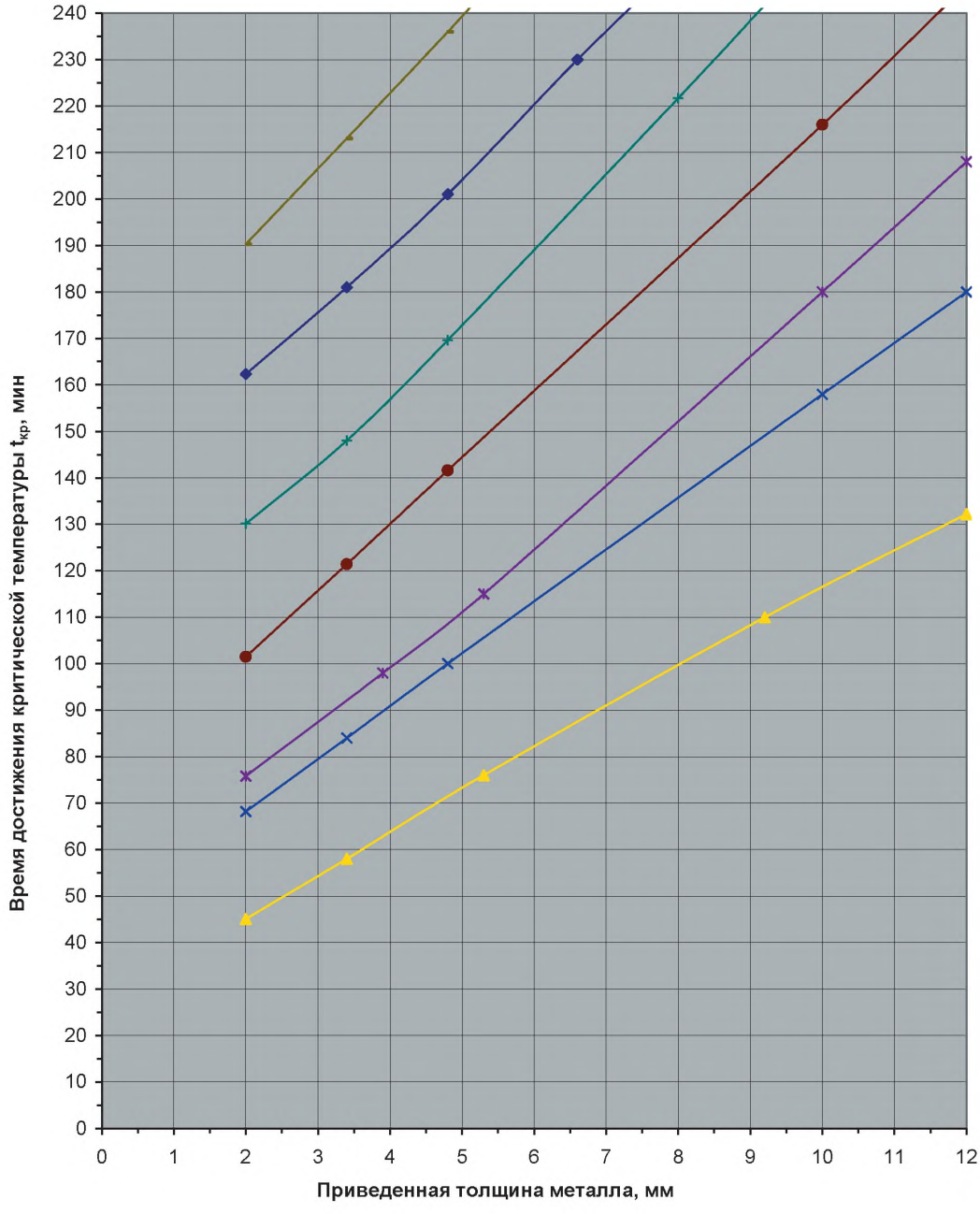


Рис. 9. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитной облицовкой из плит КНАУФ-Файерборд при $t_{кр}$= 550 °С.

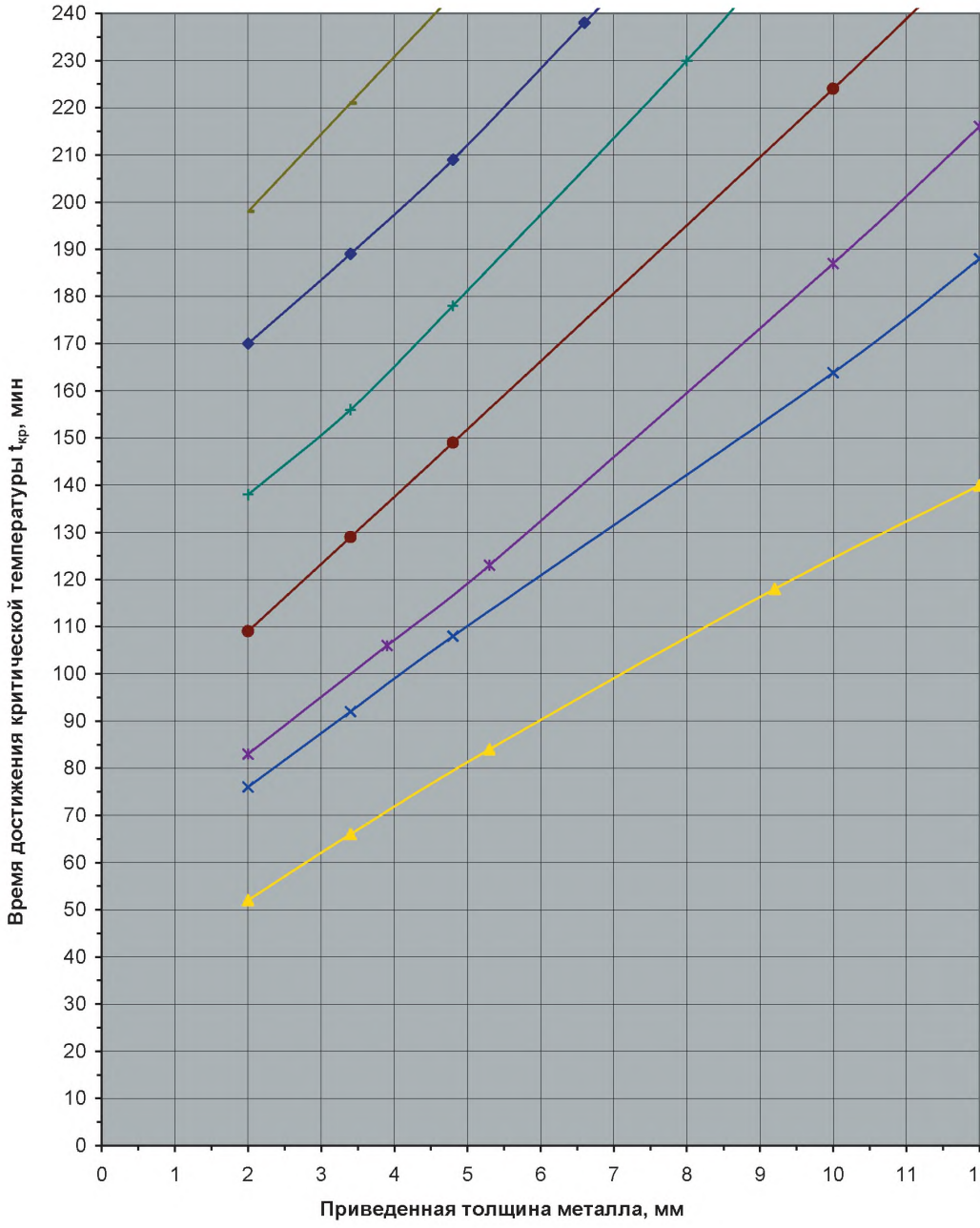


Рис. 10. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитной облицовкой из плит КНАУФ-Файерборд при $t_{кр}$= 600 °С.

11.3. Номограммы прогрева стальных конструкций с облицовками из листов ГКЛО

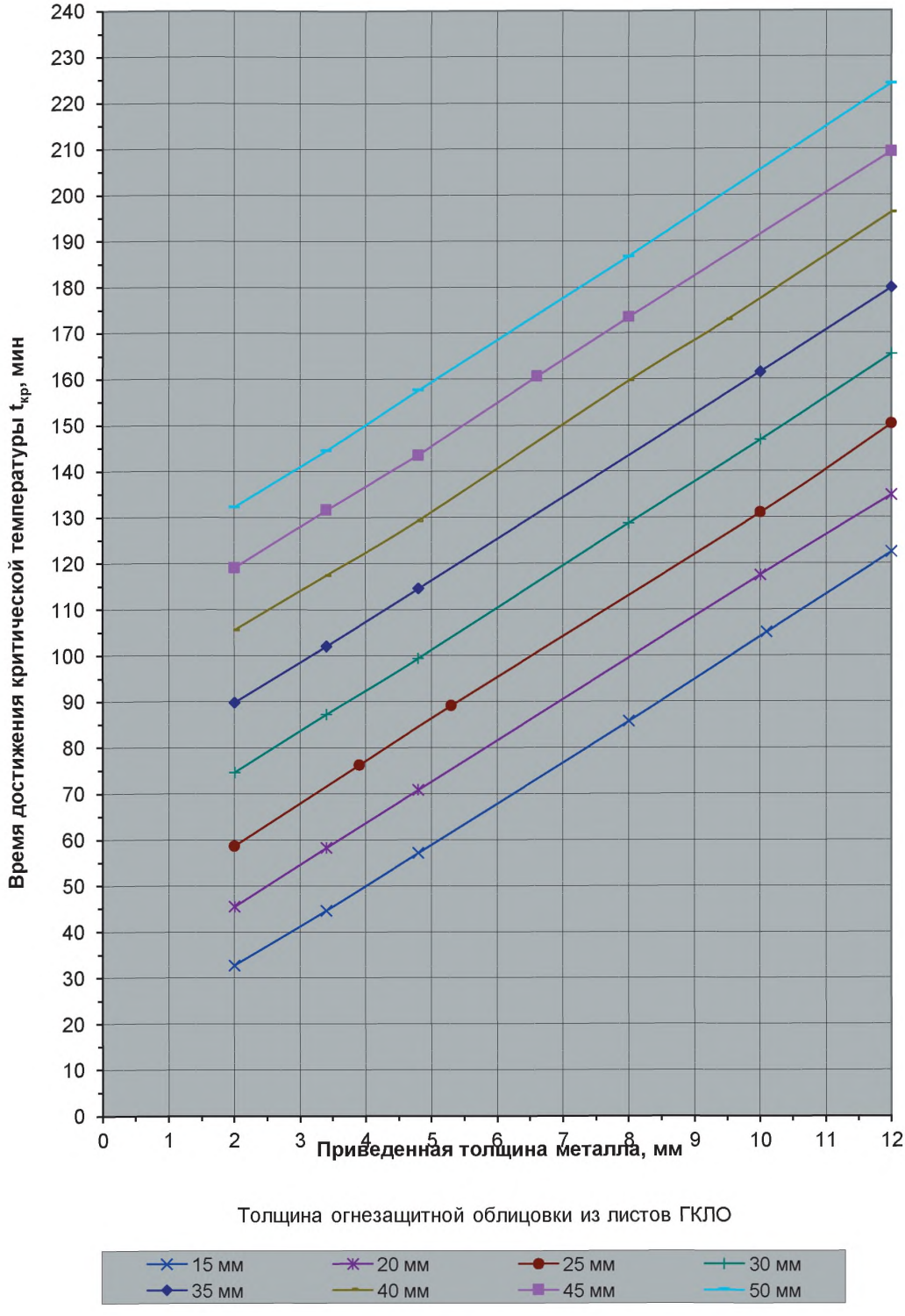


Рис. 11. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитной облицовкой из листов ГКЛО при $t_{кр}$= 450 °С

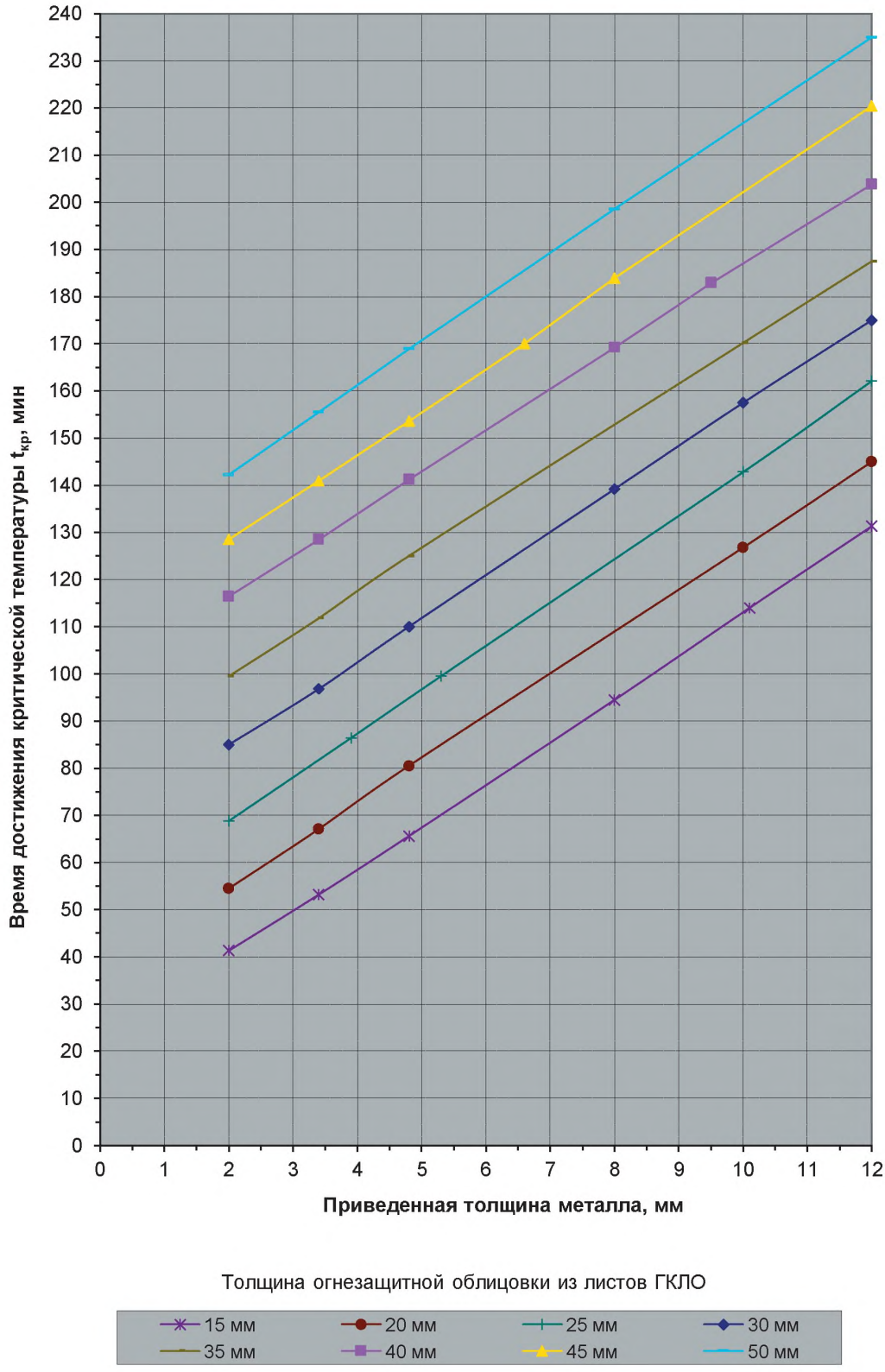


Рис. 12. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитной облицовкой из листов ГКЛО при $t_{кр}$= 500 ºС

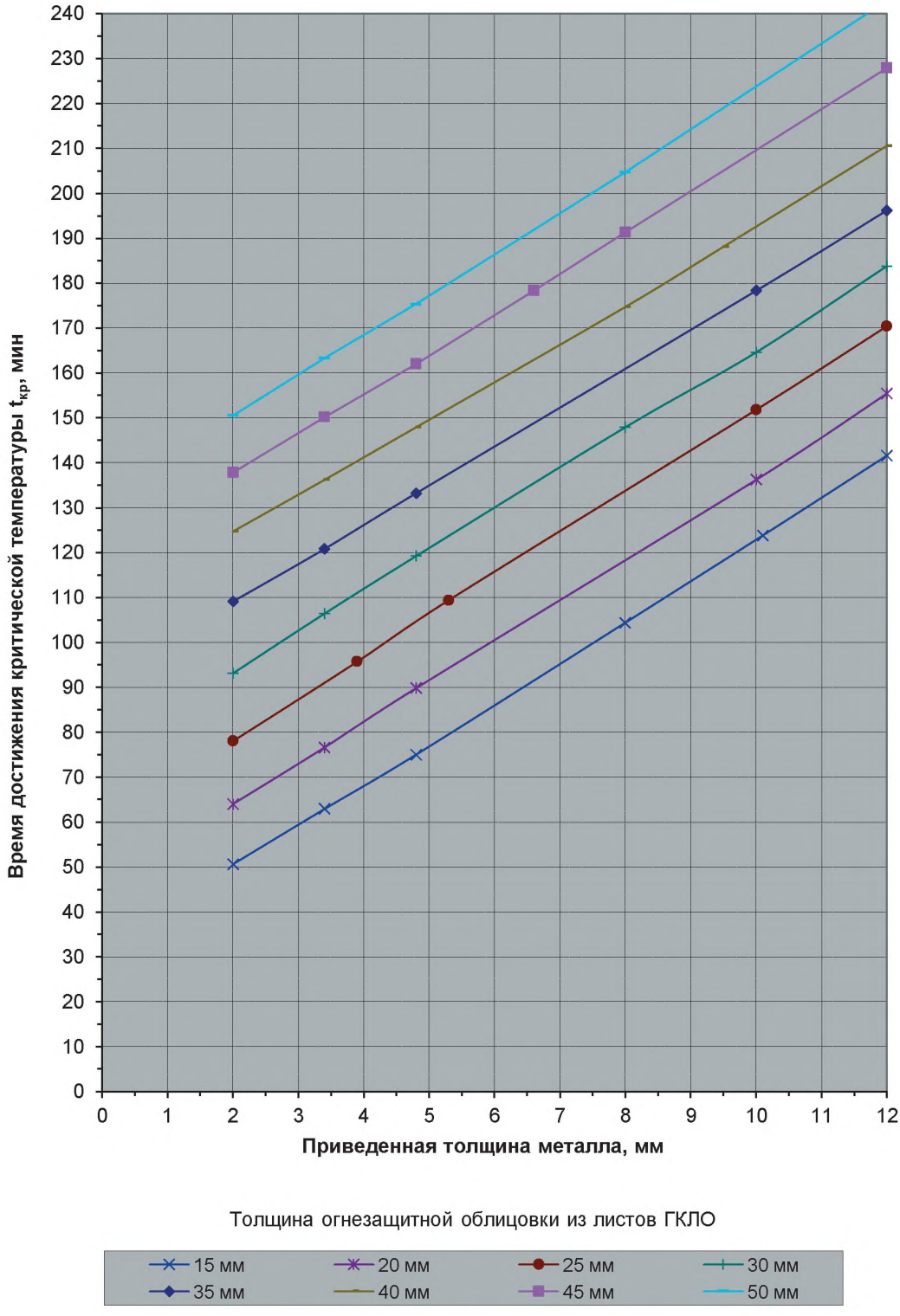


Рис. 13. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитной облицовкой из листов ГКЛО при $t_{кр}$= 550 °С

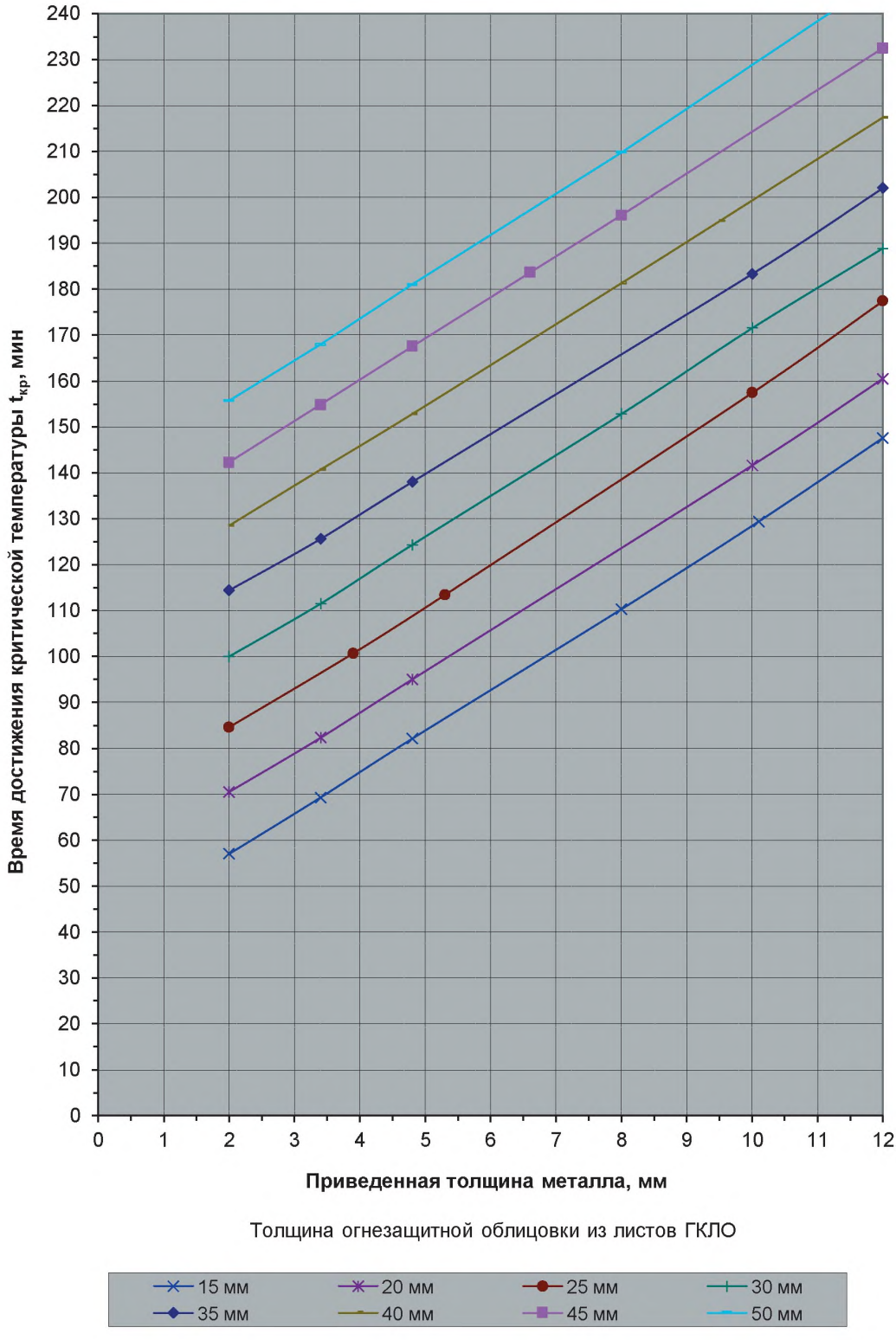


Рис. 14. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитной облицовкой Из листов ГКЛО при $t_{кр}$= 600 °С

11.4. Номограммы прогрева стальных конструкций с облицовками из цементно-песчаной штукатурки

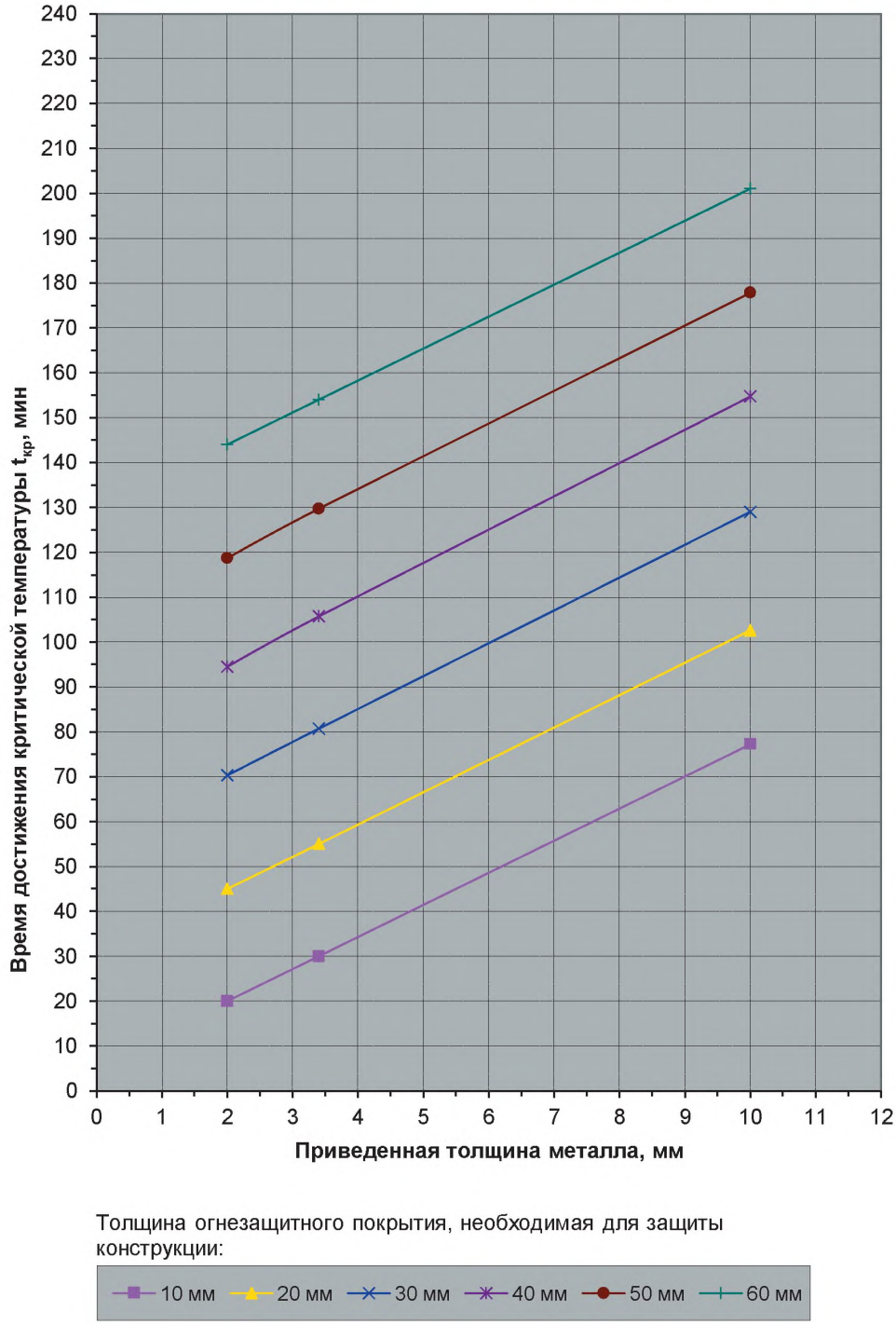


Рис. 15. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитной облицовкой из цементно-песчаной штукатурки при $t_{кр}$= 450 °С.

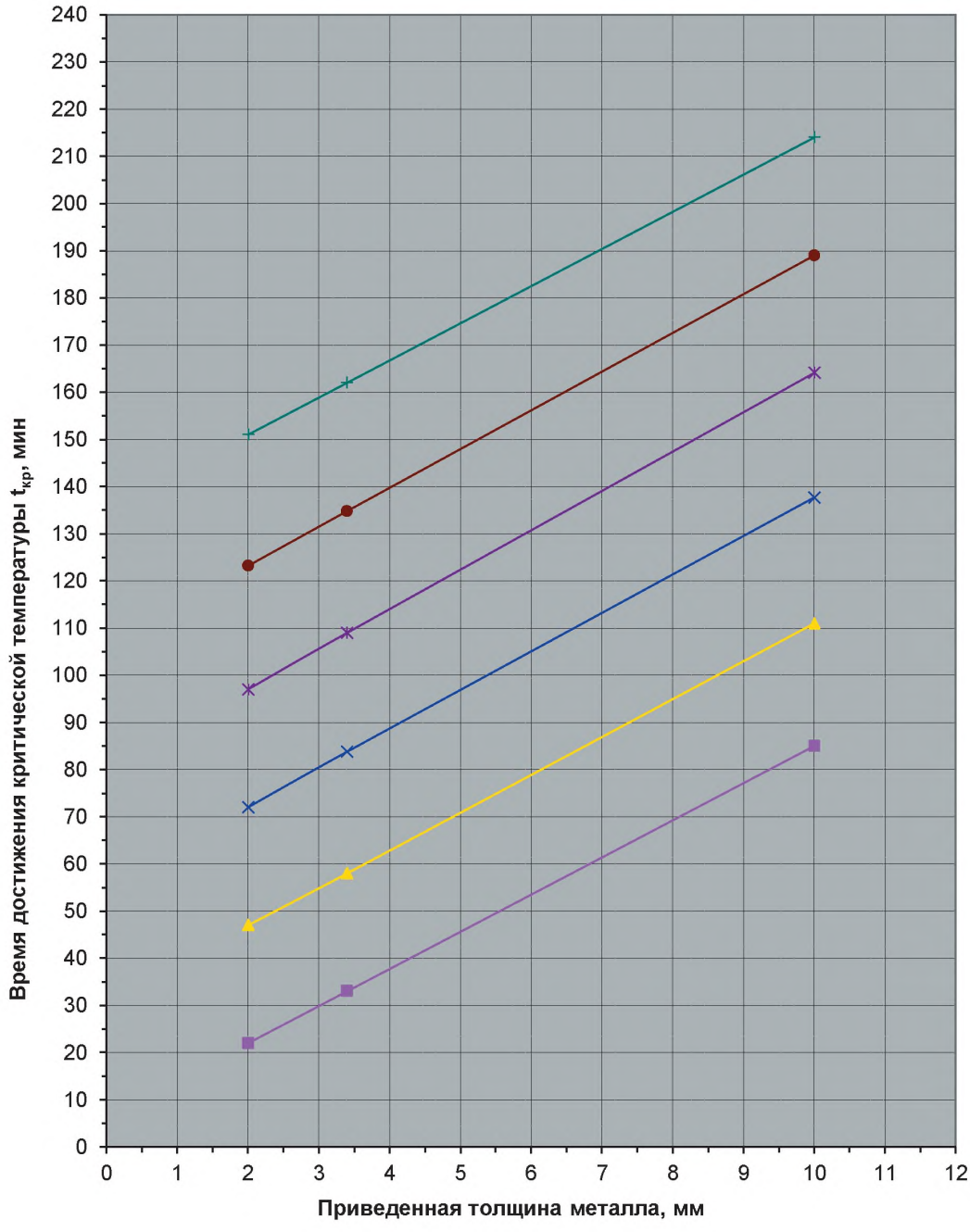


Рис. 16. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитной облицовкой из цементно-песчаной штукатурки при $t_{кр}$= 500 °С.

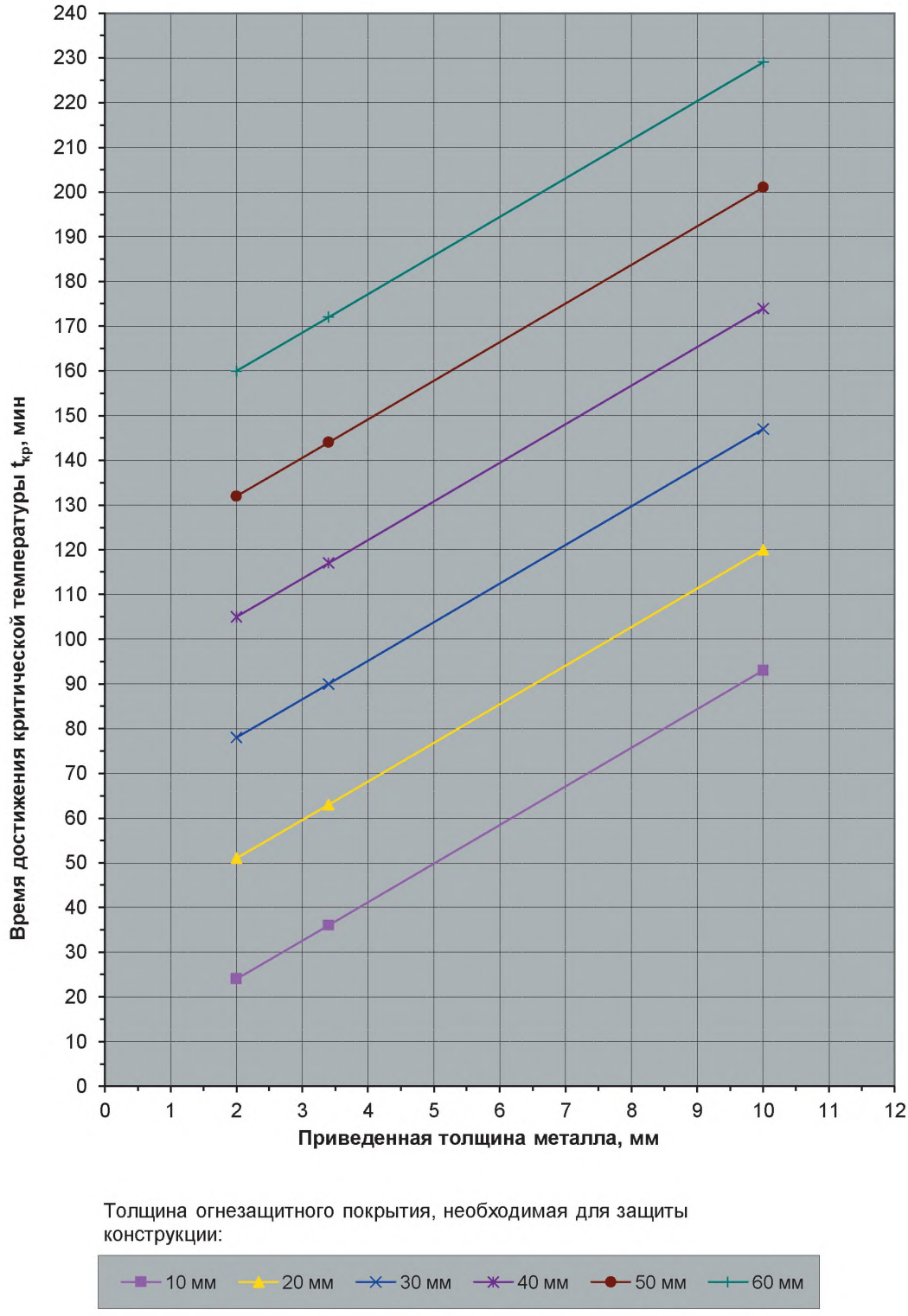


Рис. 17. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитной облицовкой из цементно-песчаной штукатурки при $t_{кр}$= 550 °С.

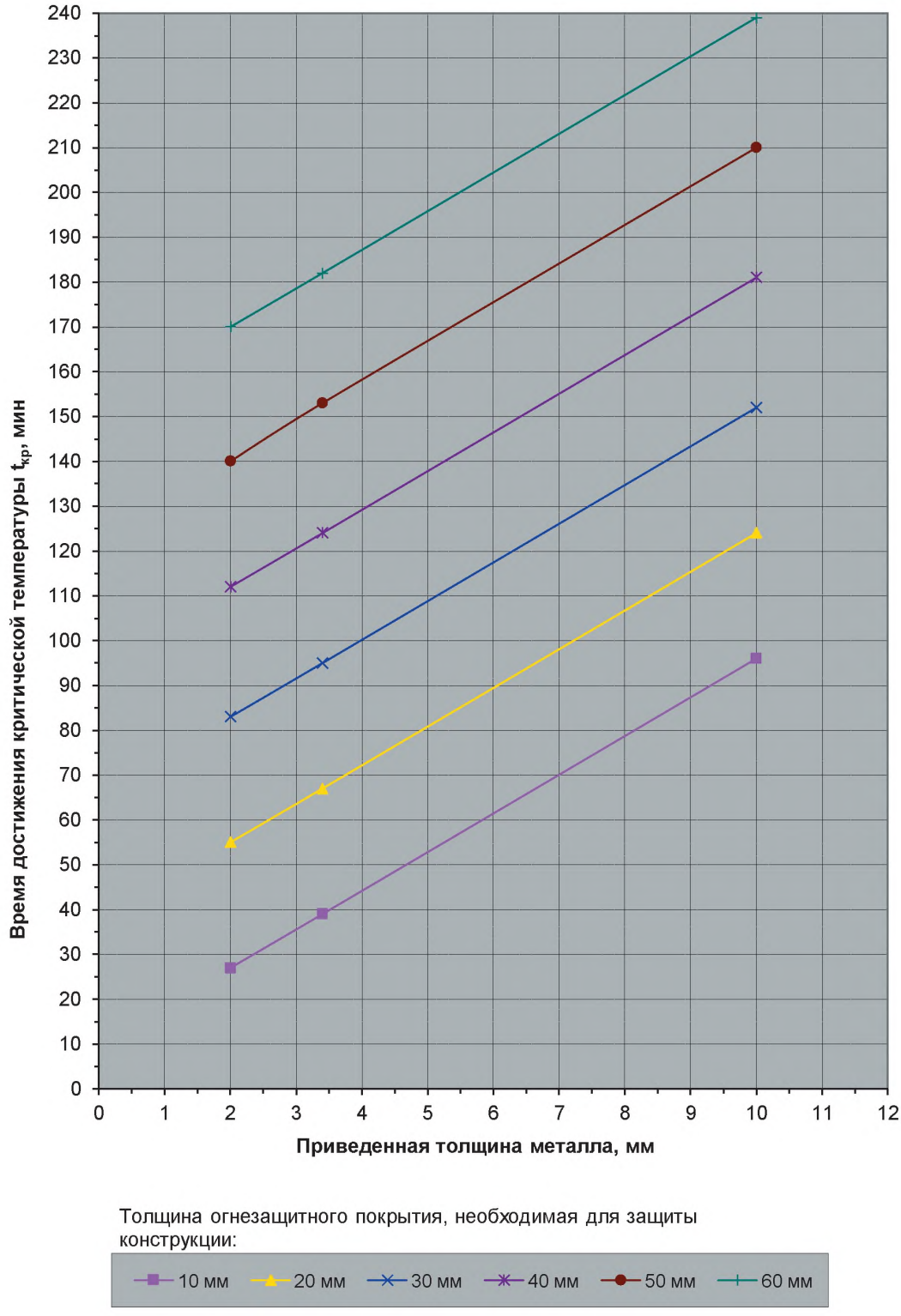


Рис. 18. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитной облицовкой из цементно-песчаной штукатурки при $t_{кр}$= 600 °С.

11.5. Номограммы прогрева стальных конструкций с облицовками из штукатурного состава "Панцирь-О" ТУ 23.20.13-002-51086397-2017

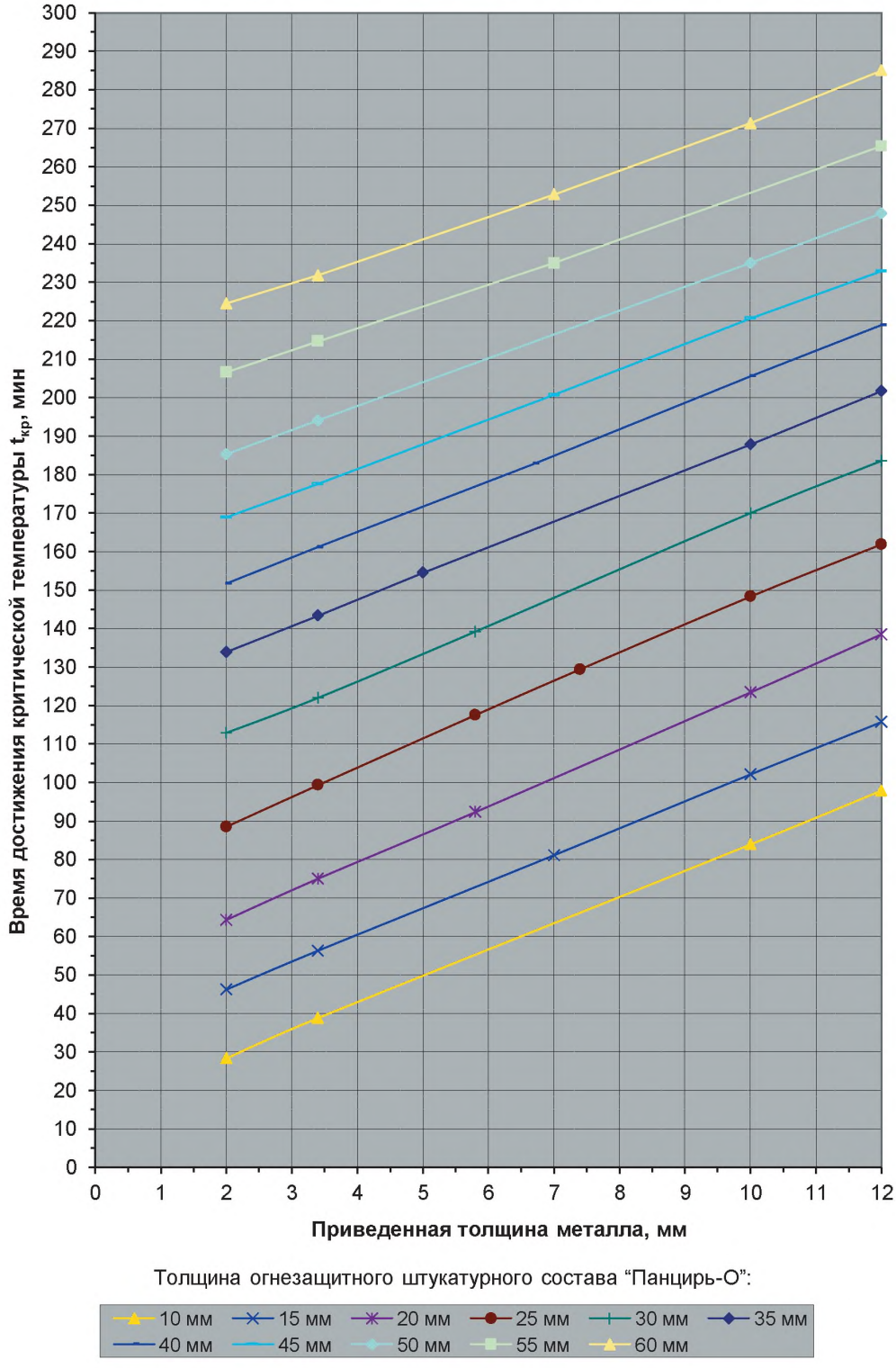


Рис. 19. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитным штукатурным составом “Панцирь-О” при $t_{кр}$= 450 °С.

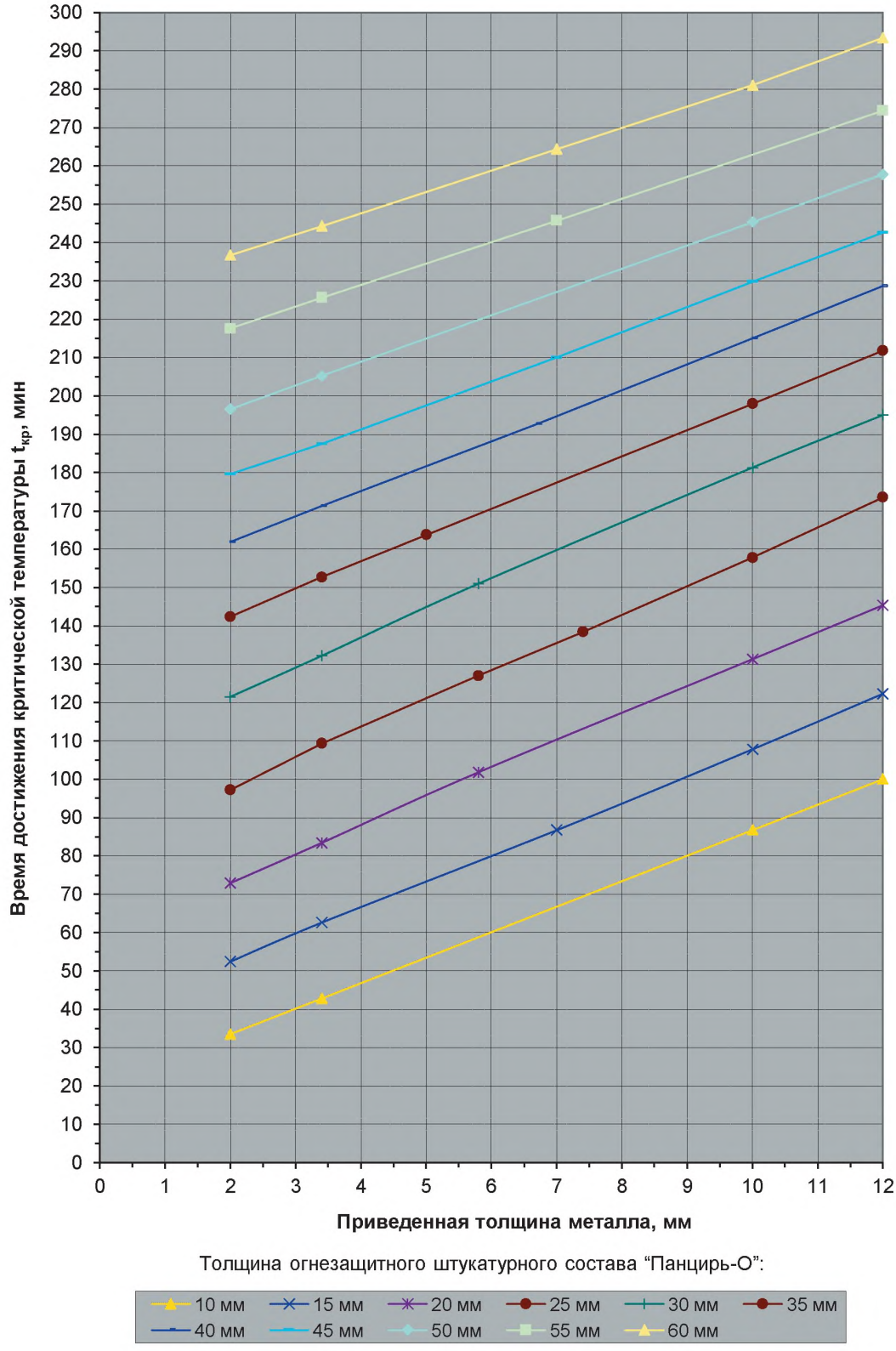


Рис. 20. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитным штукатурным составом “Панцирь-О” при $t_{кр}$= 500 ºС.

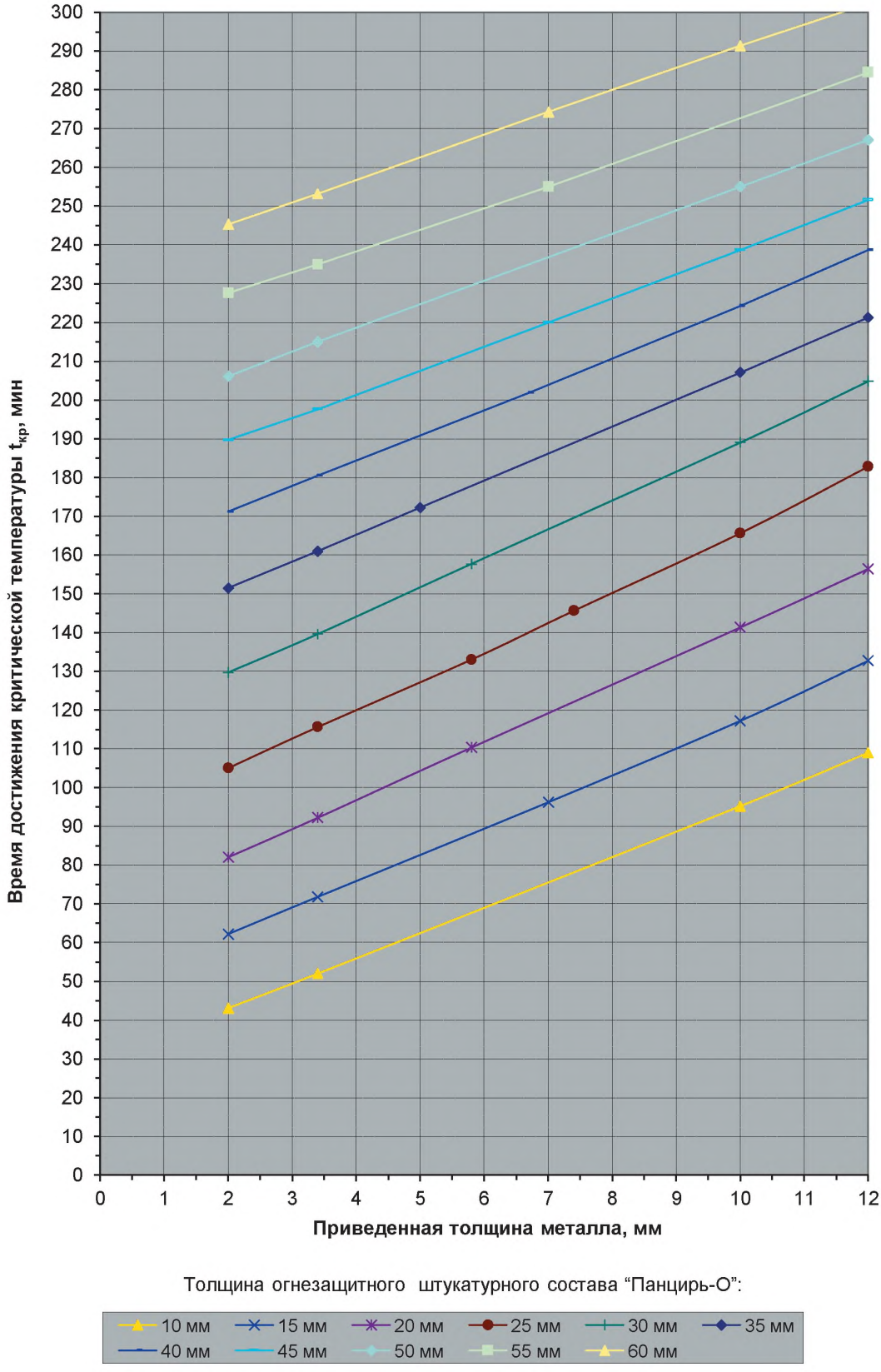


Рис. 21. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитным штукатурным составом “Панцирь-О” при $t_{кр}$= 550 ºС.

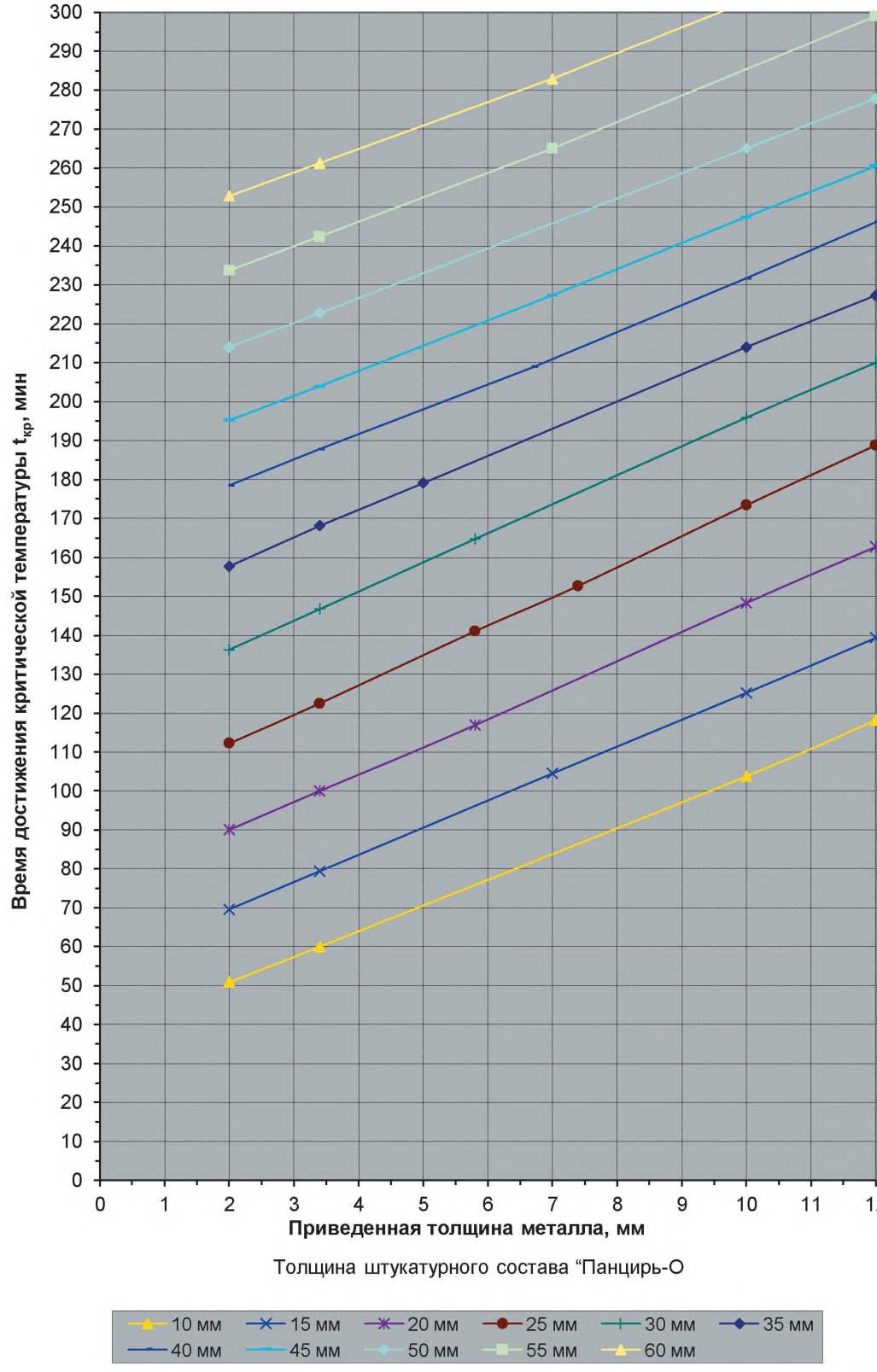


Рис. 22. Огнестойкость стальных конструкций с огнезащитным штукатурным составом “Панцирь О” при $t_{кр}$= 600 °С.

Приложение А (обязательное)

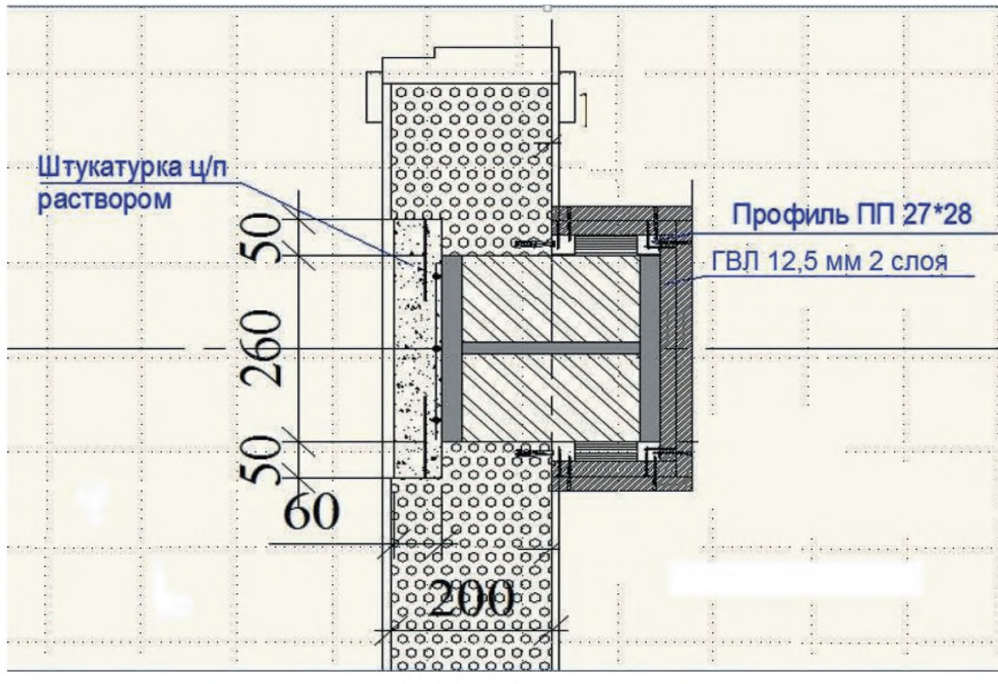


Рис. А23. Принципиальная схема облицовки стальной колонны, находящейся в составе ограждающей конструкции, листовыми материалами типа ГКЛ (ГВЛ, ГКЛО) в два слоя (ограждающая стеновая конструкция показана условно)

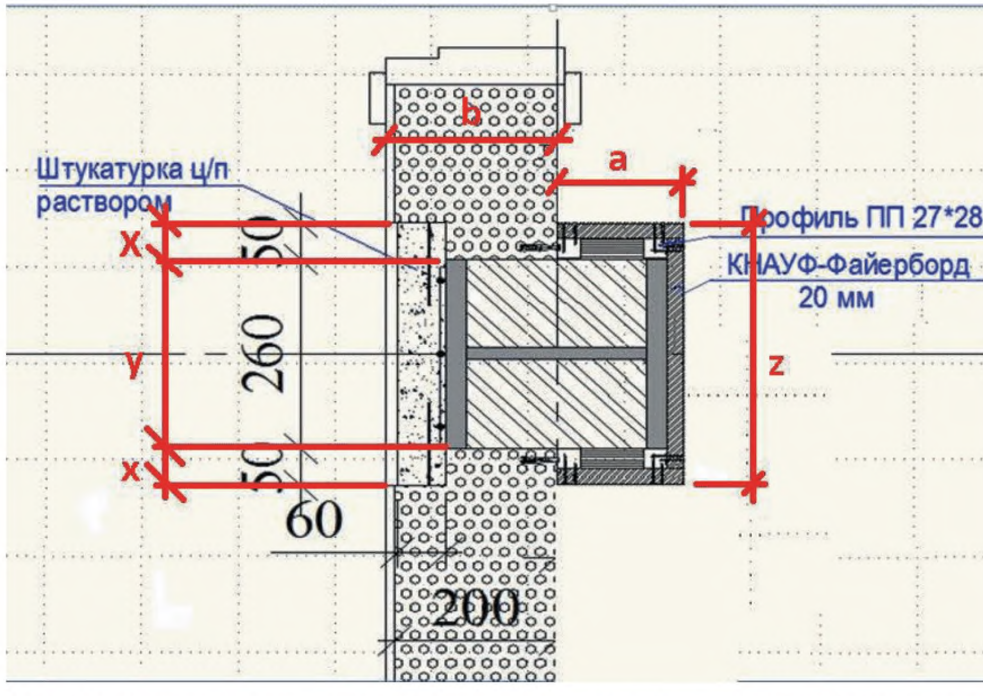
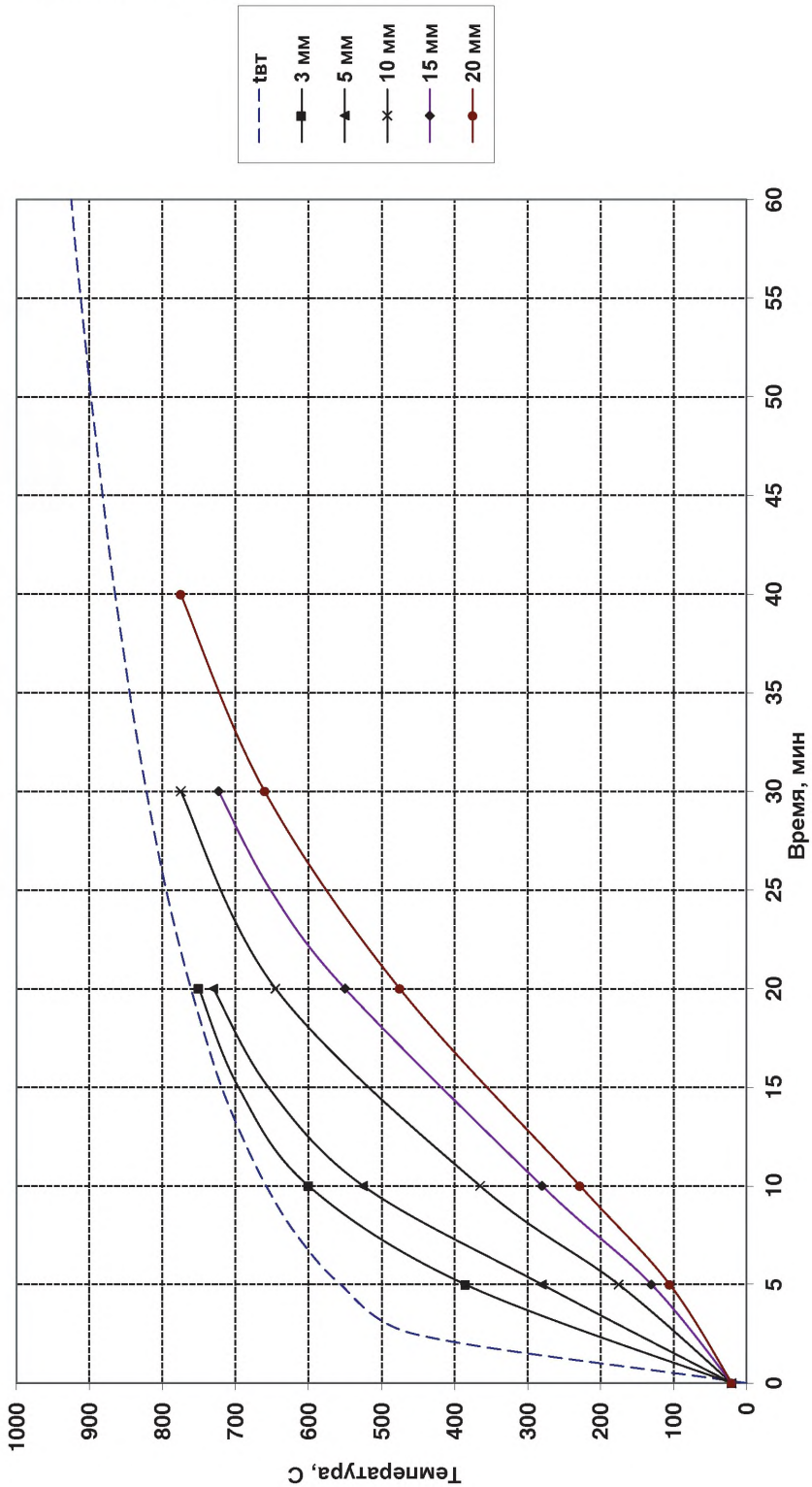


Рис. А24. Принципиальная схема облицовки стальной колонны, находящейся в составе ограждающей конструкции, листовыми материалами типа ГКЛ (ГВЛ, ГКЛО) в один слой (ограждающая стеновая конструкция показана условно)

Приложение Б (рекомендуемое)



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

Рис. Б1. Номограмма прогрева незащищенных стальных конструкций.

Приложение В (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	Кол-во, м	Кол-во обогр. сторон	Обогр. периметр, мм	Приведенная толщина $\delta_{пр}$, мм	Толщина $\delta_{о}$, мм	Площадь $S_{о}$, м²

Сводная таблица расчета расхода огнезащитной облицовки по элементам каркаса

Наименование конструкций, требуемый предел огнестойкости	Площадь огнезащитной облицовки, либо защищаемой поверхности конструкции, м²	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							

Приложение Д (рекомендуемое)

Результаты испытаний конструкций с комбинированной огнезащитой плитными листовыми материалами

Характеристика образцов

Опытные образцы представляли собой двутавровые балки высотой 1700±10 мм, различного номера профиля.

Образцы № 1, № 2 и № 3 были изготовлены из профиля № 20Б1 по ГОСТ 8239-89, с приведенной толщиной металла – 3,4 мм.

Образцы № 4, № 5 и № 6 были изготовлены из профиля № 30К2 по ГОСТ 26020-83, с приведенной толщиной металла – 6,8 мм.

Образцы № 1 и № 4 облицовывались листами ГВЛ толщиной 12,5 мм в два слоя. Общая толщина облицовки 25 мм.

Образцы № 2 и № 5 облицовывались одним слоем листов Кнауф-Файерборд, толщиной 20 мм.

Образцы № 3 и № 6 облицовывались листами ГКЛО толщиной 12,5 мм в два слоя. Общая толщина облицовки 25 мм.

Способ монтажа - на негрунтованные поверхности двутавровых балок в соответствии с требованиями, изложенными в техническом задании заказчика, в виде коробчатого сечения, с примыканием к ограждающей конструкции из блоков ячеистого бетона (см. приложение А).

Внутреннее подоблицовочное пространство полностью без зазоров заполнялось минераловатными плитами плотностью 80-100 кг/м³.

Результаты испытаний

1. Время достижения критической температуры 500 °С опытных образцов стальных колонн двутаврового сечения с конструктивной огнезащитной выполненной листами ГВЛ, Кнауф-Файерборд и ГКЛО, примыкающих к конструкции стены из газобетонных блоков марки D600 составило:

- для опытного образца № 1 (двутавр № 20Б1 по ГОСТ 8239-89, с приведенной толщиной металла – 3,4 мм) с облицовкой листами ГВЛ

толщиной 12,5 мм в два слоя (общая толщина облицовки 25 мм) – 116 мин;

- для опытного образца № 2 (двутавр № 20Б1 по ГОСТ 8239-89, с приведенной толщиной металла – 3,4 мм) с облицовкой одним слоем листов Кнауф-Файерборд толщиной 20 мм – 105 мин;

- для опытного образца № 3 (двутавр № 20Б1 по ГОСТ 8239-89, с приведенной толщиной металла – 3,4 мм) с облицовкой листами ГКЛО толщиной 12,5 мм в два слоя (общая толщина облицовки 25 мм) – 112 мин;

- для опытного образца № 4 (двутавр № 30К2 по ГОСТ 26020-83, с приведенной толщиной металла – 6,8 мм) с облицовкой листами ГВЛ толщиной 12,5 мм в два слоя (общая толщина облицовки 25 мм) – 147 мин.

2. За время проведения огневого испытания (150 мин) опытных образцов стальных колонн № 5 и № 6 получены следующие результаты:

- № 5 из профиля № 30К2 по ГОСТ 26020-83, с приведенной толщиной металла – 6,8 мм и облицовкой одним слоем листов Кнауй-Файерборд толщиной 20 мм, достижения критической температуры 500 °С зафиксировано не было;

- № 6 из профиля № 30К2 по ГОСТ 26020-83, с приведенной толщиной металла – 6,8 мм с облицовкой листами ГКЛО толщиной 12,5 мм в два слоя (общая толщина облицовки 25 мм), достижения критической температуры 500 °С зафиксировано не было.

3. На момент окончания огневого воздействия средняя температура составила: - на опытном образце № 1 – 564 °С; - на образце № 2 – 586 °С; - на образце № 3 – 571 °С; - на образце № 4 – 511 °С; - на образце № 5 – 457 °С; - на образце № 6 – 426 °С.

Приложение Е (рекомендуемое)

Теплотехнические характеристики огнезащитных материалов

Наименование материала	**Плотность γ_c, кг/м^3**	**Влажность, %**	**Степень черноты s**	**Коэффициент теплопроводности, $\lambda_t=A+Bt^*$ Вт/(м К)**	**Коэффициент теплоемкости, $c_t=C+Dt^*$ Дж/(кг К)**
Цементно-песчаная штукатурка	1930	2,0	0,87	0,96-0,00044 t	598+0,63 t
Сухая гипсовая штукатурка (ГКЛ/ГВЛ/КНАУФ-Файерборд)	900	15,0	0,86	0,135+ 0,00035 t	849+0,59 t
Ячеистый бетон / пенобетон	600	2,0	0,8	0,041+ 0,00019 t	748+0,63 t
Минераловатные плиты	80-100	0,5	0,92	-0,107+ 0,00058 t	582+0,63 t

* зависимости справедливы для $t \geq 273$ К.

Проектирование огнезащиты несущих стальных конструкций с применением различных типов облицовок

Подписано в печать 31.08.2018. Формат: 35х45/2. Усл. печ. л. 36. Тираж 200 экз. Заказ № 0831.
Бумага мелованная матовая. Печать офсетная. Гарнитура: DINPro, Times New Roman
Отпечатано ООО «АКСИОМ ГРАФИКС ЮНИОН», Москва, 2-й Кожевнический пер., д. 12, стр. 2

Все права защищены. Ни одна часть пособия не может быть опубликована, воспроизведена или размножена любым другим способом без письменного разрешения владельцев авторских прав.

© Ассоциация развития стального строительства, 2018 г., Москва, ул. Остоженка, д.19 стр. 1.

ISBN 978-5-6040878-5-5

9 785604 087855

УДК 614.84:624.014
ББК 38.53 + 68.923

gost.e-ecolog.ru