

НСОПБ

СИСТЕМА ДОБРОВОЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ НСОПБ

регистрационный № РОСС RU.M704.04ЮАБ0

www.nsofb.pb, e-mail: nsopb@nsopb.ru

093027

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ЦЕНТР СЕРТИФИКАЦИИ И ИСПЫТАНИЙ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ» (АО ЦСИ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ»)

Место нахождения: Московская обл., г. Королев. Адрес юридического лица: 141073, РФ, Московская обл., г. Королев, ул. Горького, д. 12, пом. VIII.
Адрес места осуществления деятельности: 109428, РФ, г. Москва, ул. Институтская 2-я, д. 6, стр. 64.
Тел./факс (495) 150-08-01, адрес электронной почты: info@tsniiskfire.ru, caim: www.tsniiskfire.ru

Испытательный центр «Огнестойкость» Акционерного Общества «Центр сертификации и испытаний «Огнестойкость» (ИЦ «Огнестойкость» АО «ЦСИ «Огнестойкость»)

Адрес места осуществления деятельности: 142455, РФ, Московская обл., Ногинский район, г. Электроугли, ул. Заводская, д.6, пом.12,13,15,110,114
Тел./факс (495) 150-08-01, адрес электронной почты: info@tsniiskfire.ru, caim: www.tsniiskfire.ru

Свидетельство о подтверждении компетентности № НСОПБ ЮАБ0.RU.ЭО.ПР.086
от 07 декабря 2017 г. № НСОПБ ЮАБ0.RU.ЭО.ПУ.279

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ИЦ «Огнестойкость»
АО «ЦСИ «Огнестойкость»

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор
АО «ЦСИ «Огнестойкость»

М.И. Клейменов

Н.В. Ковыршина

«19» апреля 2022 г.

«19» апреля 2022 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ № 13 тз/ск – 2022

ИНСТРУКЦИЯ

по определению пределов огнестойкости стальных конструкций с огнезащитным покрытием из системы бескаркасной конструктивной огнезащиты для стальных конструкций на основе плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ различной толщины и количеством слоев (ТУ 23.62.10-008-56846022-2018 с изм. 1), скрепленных при помощи самонарезающих винтов и с заделкой стыков между плитами и в местах примыканий гипсовой шпатлевкой (СТО 56846022-001-2019 с изм. 1 «Рабочая инструкция по монтажу системы конструктивной огнезащиты для стальных конструкций на основе плит негорючих Gyproc Fire (Gyproc Aqua Fire). Технологический регламент»)

ЗАКАЗЧИК: Общество с ограниченной ответственностью «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус» (ООО «Сен-Гобен Строительная продукция Рус») Место нахождения: Московская обл., г. Егорьевск. Адрес юридического лица: 140301, РФ, Московская обл., г. Егорьевск, ул. Смычка, д. 60.

ИСПОЛНИТЕЛЬ: ИЦ «Огнестойкость» АО «ЦСИ «Огнестойкость» 109428, г. Москва, ул. 2-я Институтская, д.6, стр. 64, пом. 12, 13, 15, 110, 114 Тел/факс (495) 150-08-01 URL: www.tsniiskfire.ru e-mail: info@tsniiskfire.ru

РАЗРАБОТАЛ:
Инженер-испытатель

А.А. Тальзин



ИЦ «Огнестойкость»
АО «ЦСИ «Огнестойкость»

Техническое заключение
№13 тз/ск-2022 от 19.04.2022

Содержание

	Страница
Введение	3
1. Область применения	4
2. Объект исследования	4
3. Статический расчет	5
3.1. Общие положения	5
3.2. Центральные-нагруженные стержни	5
3.3. Изгибаемые и внецентренно-нагруженные элементы	7
3.4. Фермы	7
4. Теплотехнический расчет	8
4.1. Информационная справка о проведенных исследованиях	8
4.2. Результаты проведенных испытаний	9
4.3. Анализ результатов испытаний	16
5. Примеры расчетов	31
5.1. Пример подбора толщины покрытия из плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ, в зависимости от требуемой огнезащитной эффективности (150 мин) для стальной колонны с известной приведенной толщиной металла (6,4 мм).	31
5.2. Пример расчета предела огнестойкости стальной колонны с огнезащитой из плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ.	32
5.3. Пример расчета (подбора) толщины огнезащиты из плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ стальной колонны для обеспечения заданного предела огнестойкости.	34

ИЦ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ»

Свидетельство о
подтверждении компетентности

№ НСОПБ ЮАБО. RU. ЭО. ПР. 086
Действителен от 07.12.2017

Введение

Настоящая Инструкция на 35 страницах разработана с целью определения пределов огнестойкости стальных конструкций с огнезащитным покрытием из системы бескаркасной конструктивной огнезащиты для стальных конструкций на основе плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ различной толщины и количеством слоев (ТУ 23.62.10-008-56846022-2018 с изм. 1), скрепленных при помощи самонарезающих винтов и с заделкой стыков между плитами и в местах примыканий гипсовой шпатлевкой (СТО 56846022-001-2019 с изм. 1 «Рабочая инструкция по монтажу системы конструктивной огнезащиты для стальных конструкций на основе плит негорючих Gyproc Fire (Gyproc Aqua Fire). Технологический регламент», далее – СТО 56846022-001-2019 с изм. 1).

В основу Инструкции положены результаты анализа и систематизации экспериментальных данных, полученных в ИЦ «Огнестойкость» АО «ЦСИ «Огнестойкость» при огневых испытаниях стальных элементов с огнезащитной облицовкой из системы бескаркасной конструктивной огнезащиты для стальных конструкций на основе плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ различной толщины и количеством слоев (ТУ 23.62.10-008-56846022-2018 с изм. 1), скрепленных при помощи самонарезающих винтов и с заделкой стыков между плитами и в местах примыканий гипсовой шпатлевкой (СТО 56846022-001-2019 с изм. 1), по ГОСТ Р 53295-2009 «Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности».

По аналогии с упомянутыми выше исследованиями, в настоящей инструкции огнезащитная эффективность покрытия устанавливается по времени достижения критической температуры стальных элементов или отдельных частей этих элементов при прогреве их в соответствии с стандартным температурным режимом по ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытания на огнестойкость. Общие требования».

Экспериментальные данные и номограммы, представленные в Инструкции, позволяют устанавливать огнезащитную эффективность покрытия при различных толщинах огнезащитной облицовки, а также определять толщину этой облицовки (в зависимости от приведенной толщины металла защищаемого стального элемента), необходимую для достижения заданной огнезащитной эффективности.

Полученные данные можно использовать для расчета предела огнестойкости стальных конструкций различной конфигурации при заданной нагрузке и различных толщинах огнезащитной облицовки, по результатам статического (см. п.3) и теплотехнического (см. п.4) расчетов.

ИЦ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ»

Свидетельство о
подтверждении компетентности

№ ИСОПБ ЮАБО.РУ.ЭО.ПР.088
Действителен от 07.12.2017

1. Область применения

Настоящая инструкция распространяется на различные толщины огнезащитной облицовки стальных элементов, выполненной в соответствии со стандартом организации СТО 56846022-001-2019 с изм. 1, из системы бескаркасной конструктивной огнезащиты для стальных конструкций на основе плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ различной толщины и количеством слоев (ТУ 23.62.10-008-56846022-2018 с изм. 1), скрепленных при помощи самонарезающих винтов и с заделкой стыков между плитами и в местах примыканий гипсовой шпатлевкой, при прогреве этих элементов в условиях стандартного температурного режима (ГОСТ 30247.0-94) до критической температуры от 350 до 650 °С.

2. Объект исследования*

Система бескаркасной конструктивной огнезащиты для стальных конструкций на основе плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ, скрепленных при помощи самонарезающих винтов и с заделкой стыков между плитами в местах примыканий гипсовой шпатлевкой (СТО 56846022-001-2019 с изм. 1).

Изготовитель плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ по ТУ 23.62.10-008-56846022-2018 с изм. 1 - ООО «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус».

Изготовитель гипсовой шпатлевки марки «Fast-60» по ТУ 23.64.10-018-56846022-2020 - ООО «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус».

Схема сборки огнезащиты показана на рис. 1.

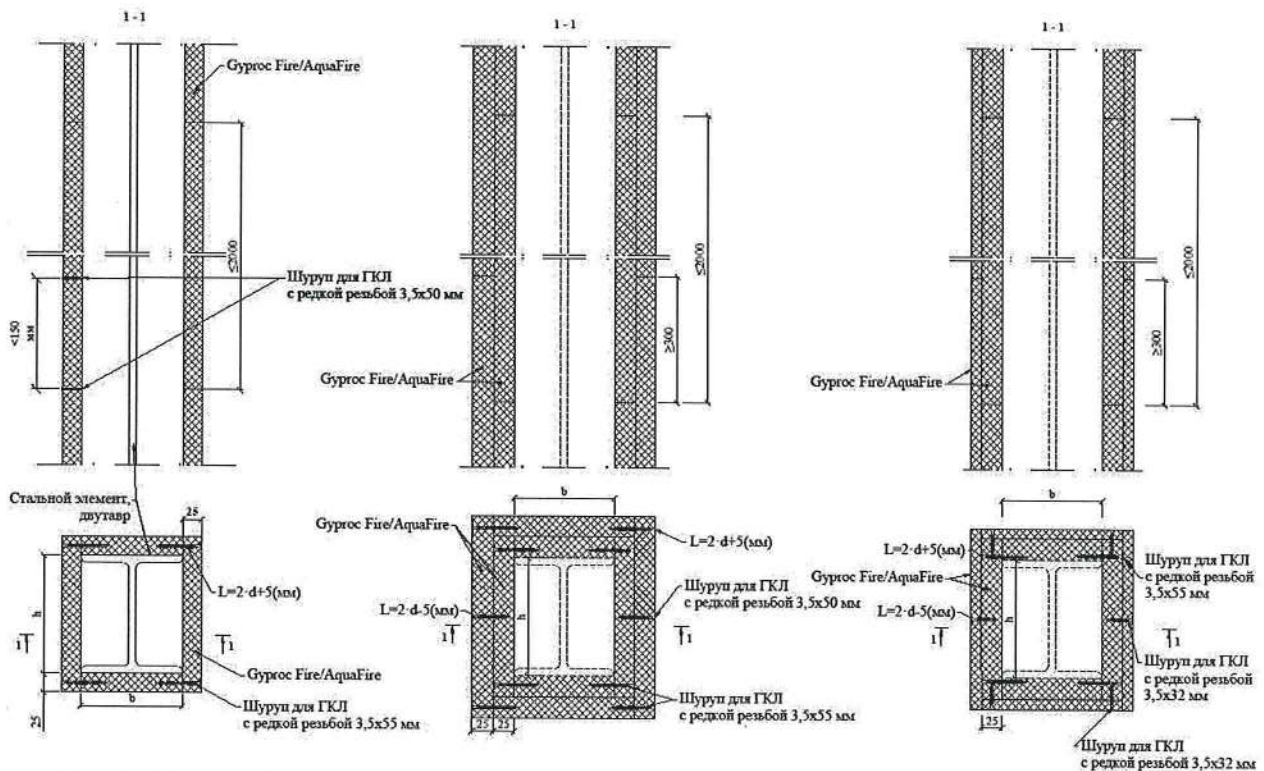


Рис. 1. Схема сборки огнезащитного покрытия на стальной колонне двутаврового сечения.

Описание плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ (Плита негорючая Гипрок Файер).

Плита представляет собой прямоугольное изделие белого цвета, размер 1200x2500 мм, толщина 12,5 мм и/или 25 мм, состоящее из гипсового армированного сердечника, облицованного с двух сторон нетканым стеклохолстом, частично углубленным в сердечник. Гипсовый сердечник содержит добавки (стекловолокно), придающие плите дополнительные огнезащитные свойства. Кромки плит также армированы с двух сторон нетканым стеклохолстом, частично углубленным в сердечник. Соединение гипсового сердечника со стеклохолстом

достигается за счет адгезионных свойств материала основы. Способ изготовления гипсовых плит: экструзия гипсовой суспензии с добавками, покрытие стеклохолстом с двух сторон с последующей сушкой. Плита допустима к применению во внутренних помещениях любого назначения с сухим и нормальным влажностными режимами для монтажа каркасно-обшивных конструкций перегородок, потолков, облицовок стен, огнезащиты несущих металлических конструкций и кабель-каналов. Негорючий материал (НГ), класс пожарной опасности материала КМ0. Плита обладает повышенными прочностными характеристиками. Особая форма кромки Pro-edge позволяет существенно увеличить прочность шва, значительно снизив расход шпаклевки для его заполнения.

Технические характеристики плит представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Общее описание изделия	Плита гипсовая Gyproc Fire марки ПНГФ
Пожарно-технические характеристики по ГОСТ 30244	НГ (Сертификат № С-RU.ЭО30.В.00329)
Номинальная плотность, кг/м ³	не менее 700
Теплопроводность (ср.) при 10°С, Вт/м°К	не более 0,25
Допуски по толщине плит, мм	± 0,5
Допуски по длине плит, мм	+0/-5
Допуски по ширине плит, мм	+0/-4

Защищаемый стальной элемент обшивают плитами ПНГФ в коробчатое сечение с креплением плит между собой при помощи стальных самонарезающих винтов. Шаг крепления не более 150 мм. При двух и более слоях обшивки, стыки между плитами в слоях не должны совпадать, их следует организовывать с разбежкой не менее чем на 150 мм. Зазор между плитами облицовки и поверхностью защищаемого стального элемента должен составлять 5-7 мм с каждой стороны. Стыки между плитами заделывают гипсовой шпатлевкой марки Fast-60.

Область применения - огнезащита стальных конструкций.

*Информация к настоящему разделу Инструкции предоставлена ООО «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус».

3. Статический расчет

3.1. Общие положения

Предел огнестойкости стальных конструкций наступает в результате их прогрева до критической температуры.

Критическая температура стальных конструкций, находящихся под действием равномерно распределенной временной длительной нагрузки, рассчитывается в зависимости от типа конструкции, схемы ее опирания, марки металла и нагрузки.

3.2. Центрально-нагруженные стержни

Предел огнестойкости центрально-нагруженных стержней наступает в результате прогрева их сечения до критической температуры.

Критическая температура центрально-сжатых стержней определяется как наименьшая величина из двух найденных по таблице 1 значений в зависимости от коэффициентов γ_t и γ_e .

ИЦ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ»

Свидетельство о
подтверждении компетентности

№ ИСОПБ ЮАБО.РУ.ЭО.ПР.086

Идентифицирован от 07.12.2017

Лист 5

Листов 35

Таблица 1. Значения коэффициентов γ_T и γ_e , учитывающих изменения нормативного сопротивления R_n и модуля упругости E стали в зависимости от температуры

Температура, °С	γ_T	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

Коэффициенты γ_T и γ_e вычисляются по формулам:

$$\gamma_T = \frac{N_n}{F R_n} \quad (1)$$

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

где:

N_n – нормативная нагрузка, кг;

F – площадь поперечного сечения стержня, см²;

R_n – начальное нормативное сопротивление металла, кг/см²;

E_n – начальный модуль упругости металла, кг/см², для сталей – $E_n = 2100000$ кг/см²;

l_0 – расчетная длина стержня, см;

J_{\min} – наименьший момент инерции сечения стержня, см⁴.

Расчетная длина l_0 стержня принимается равной:

– шарнирное опирание по концам - l ;

– заземление по концам - $0,5l$;

– один конец заземлен, другой свободен - $2l$;

– один конец заземлен, другой шарнирно оперт - $0,7l$;

где l – длина стержня, см.

Критическая температура центрально-растянутых стержней определяется по таблице 1 в зависимости от коэффициента γ_T , вычисленного по формуле (1).

Свидетельство о
подтверждении компетентности

№ НСОПБ ЮАБО.РУ.ЭО.ПР.086
Действителен от 07.12.2017

3.3. Изгибаемые и внецентренно-нагруженные элементы

Предел огнестойкости изгибаемых и внецентренно-нагруженных элементов наступает в результате повышения температуры их наиболее напряженной грани до критической величины.

В случае незащищенных элементов и защищенных элементов сплошного сечения температура наиболее напряженной грани принимается равной температуре всего сечения. В случае элементов, изготовленных из прокатных профилей, температура наиболее напряженной грани принимается равной температуре соответствующей полки (стенки) поперечного сечения.

Критическая температура изгибаемых элементов определяется по таблице 1 в зависимости от коэффициента γ_T , вычисляемого по формуле:

$$\gamma_T = \frac{M_n}{W R^n} \quad (3)$$

M_n – максимальный изгибающий момент от действия нормативных нагрузок, кг/см;

W – момент сопротивления сечения, см³.

Критическая температура внецентренно-сжатых стержней определяется как наименьшая величина из двух найденных по таблице 1 значений в зависимости от коэффициентов γ_T и γ_e .

Коэффициент γ_T вычисляется по формуле:

$$\gamma_T = \frac{N_n}{R^n} \left(\frac{e}{W} + \frac{1}{F} \right) \quad (4)$$

где:

e – эксцентриситет приложения нормативной нагрузки – N_n , см.

Коэффициент γ_e находится по формуле (2).

Критическая температура внецентренно-растянутых стержней определяется по таблице 1 в зависимости от коэффициента γ_T , вычисляемого по формуле (4).

3.4. Фермы

Предел огнестойкости металлических ферм наступает в результате потери несущей способности наиболее слабого, с точки зрения огнестойкости, элемента.

Для выявления такого элемента определяются пределы огнестойкости всех нагруженных стоек, раскосов и поясов фермы. Критическую температуру этих элементов определяют в соответствии с п.п. 2.1–2.3.

ИЦ «Огнестойкость»
Свидетельство о
подтверждении компетентности

№ НСОПБ ЮАБО. RU. 30. ПР. 086
Действителен от 07.12.2017

4. Теплотехнический расчет

4.1. Информационная справка о проведенных исследованиях

Ранее в ИЦ «Огнестойкость» АО «ЦСИ «Огнестойкость» были проведены испытания на огнезащитную эффективность по ГОСТ Р 53295-2009 «Средства огнезащиты для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности» системы бескаркасной конструктивной огнезащиты для стальных конструкций на основе плит гипсовых Гургос Fire марки ПНГФ различной толщины и количеством слоев (ТУ 23.62.10-008-56846022-2018 с изм. 1), скрепленных при помощи самонарезающих винтов и с заделкой стыков между плитами и в местах примыканий гипсовой шпатлевкой (СТО 56846022-001-2019 с изм. 1) на образцах стальных колонн и балок.

Образцы для испытаний представляли собой стальные колонны и балки двутаврового сечения с различной приведенной толщиной металла (далее – ПТМ), которые облицовывали системой конструктивной огнезащиты из плит гипсовых Гургос Fire марки ПНГФ в соответствии со схемой, предоставленной ООО «Сен-Гобен Строительная Продукция Рус».

Крепление плит огнезащитного покрытия между собой осуществляли при помощи стальных самонарезающих винтов Заказчика, в соответствии с СТО 56846022-001-2019 с изм. 1 (ООО «Сен-Гобен Строительная продукция Рус»). Крепление плит облицовки к защищаемому элементу не допустимо.

Испытания образцов стальных колонн проводили по ГОСТ Р 53295-2009 при четырехстороннем, а балок при трехстороннем тепловом воздействии по стандартному температурному режиму согласно ГОСТ 30247.0. Порядок проведения испытаний, испытательное оборудование, результаты испытаний и пр. представлены в следующих отчетах: протокол испытаний №27 ск/и/оз – 2022 от 16.03.2022 г.; протокол испытаний №28 ск/и/оз – 2022 от 16.03.2022 г.; протокол испытаний №29 ск/и/оз – 2022 от 16.03.2022 г.; протокол испытаний №37ск/и/оз-2022 от 05.04.2022.

Для унификации и сравнительного анализа экспериментальных данных для всех сечений образцов двутавровых колонн использовали единый геометрический параметр – приведенную толщину металла, вычисляемую по формуле:

$$\delta_{пр.} = F / П, \quad (5)$$

где

F - площадь поперечного сечения стального элемента, мм²;

П - обогреваемая часть периметра стального элемента (таблица 2), мм.

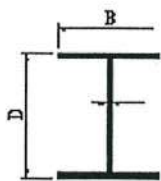
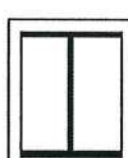
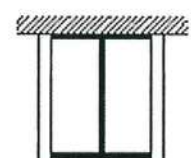
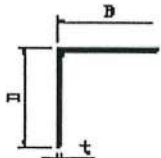
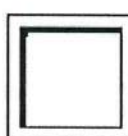
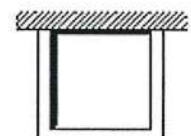
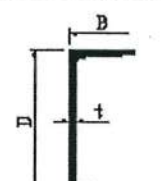

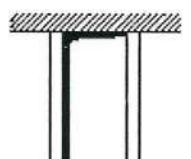
В таблице 2 приведены примеры расчета обогреваемого периметра для типовых стальных элементов.

ИЦ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ»

Свидетельство о
подтверждении компетентности

№ ИСОПБ ЮАБО.РУ.ЭО.ПР.088
Действителен от 07.12.2017

Таблица 2.

Стальной элемент	Обогреваемый периметр, мм для различных способов облицовки и условия обогрева	
	Облицовка в виде короба	
	с 4-х сторон	с 3-х сторон
	 $2B + 2D + 2(B - t) = 4B + 2D - 2t$	 $B + 2D + 2(B - t) = 3B + 2D - 2t$
	 $2B + 2D$	 $B + 2D$
	 $2B + 2D$	 $B + 2D$

4.2. Результаты проведенных испытаний

4.2.1 Испытания колонн

В результате испытаний образцов колонн с различной приведенной толщиной металла, облицованных покрытием из плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ, были получены следующие данные времени достижения предельных состояний на металле колонн в минутах (см. таблицы 3.1-3.7):

Таблица 3.1 (время достижения критической температуры 350°C)

Приведенная толщина стального элемента, мм	Толщина покрытия огнезащитного на основе плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ, мм		
	25	37,5	50
2,5	65 мин.	110 мин.	151 мин.
6,4	105 мин.	152 мин.	202 мин.
12,3	150 мин.	275 мин.	-

№ НСОПБ ЮАБО.РУ.ЭО.ПР.086
 Действителен от 07.12.2017

Таблица 3.2 (время достижения критической температуры 400°C)

Приведенная толщина стального элемента, мм	Толщина покрытия огнезащитного на основе плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ, мм		
	25	37,5	50
2,5	69 мин.	117 мин.	157 мин.
6,4	111 мин.	159 мин.	219 мин.
12,3	169 мин.	310 мин.	-

Таблица 3.3 (время достижения критической температуры 450°C)

Приведенная толщина стального элемента, мм	Толщина покрытия огнезащитного на основе плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ, мм		
	25	37,5	50
2,5	75 мин.	122 мин.	163 мин.
6,4	118 мин.	167 мин.	236 мин.
12,3	187 мин.	345 мин.	-

Таблица 3.4 (время достижения критической температуры 500°C)

Приведенная толщина стального элемента, мм	Толщина покрытия огнезащитного на основе плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ, мм		
	25	37,5	50
2,5	81 мин.	128 мин.	170 мин.
6,4	124 мин.	174 мин.	253 мин.
12,3	206 мин.	380 мин.	-

Таблица 3.5 (время достижения критической температуры 550°C)

Приведенная толщина стального элемента, мм	Толщина покрытия огнезащитного на основе плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ, мм		
	25	37,5	50
2,5	88 мин.	134 мин.	178 мин.
6,4	131 мин.	181 мин.	271 мин.
12,3	225 мин.	415 мин.	-

Таблица 3.6 (время достижения критической температуры 600°C)

Приведенная толщина стального элемента, мм	Толщина покрытия огнезащитного на основе плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ, мм		
	25	37,5	50
2,5	96 мин.	142 мин.	187 мин.
6,4	138 мин.	188 мин.	288 мин.
12,3	243 мин.	450 мин.	-

Таблица 3.7 (время достижения критической температуры 650°C)

Приведенная толщина стального элемента, мм	Толщина покрытия огнезащитного на основе плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ, мм		
	25	37,5	50
2,5	106 мин.	151 мин.	196 мин.
6,4	146 мин.	195 мин.	305 мин.
12,3	262 мин.	487 мин.	-

Температурные кривые прогрева образцов стальных элементов с различными приведенными толщинами и различными толщинами огнезащитного покрытия показаны на рис. 2-4.

ИЦ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ»
Свидетельство о
подтверждении компетентности
№ НСОПБ ЮАБО. РУ. ЭО. ПР. 086
Действителен от 07.12.2017

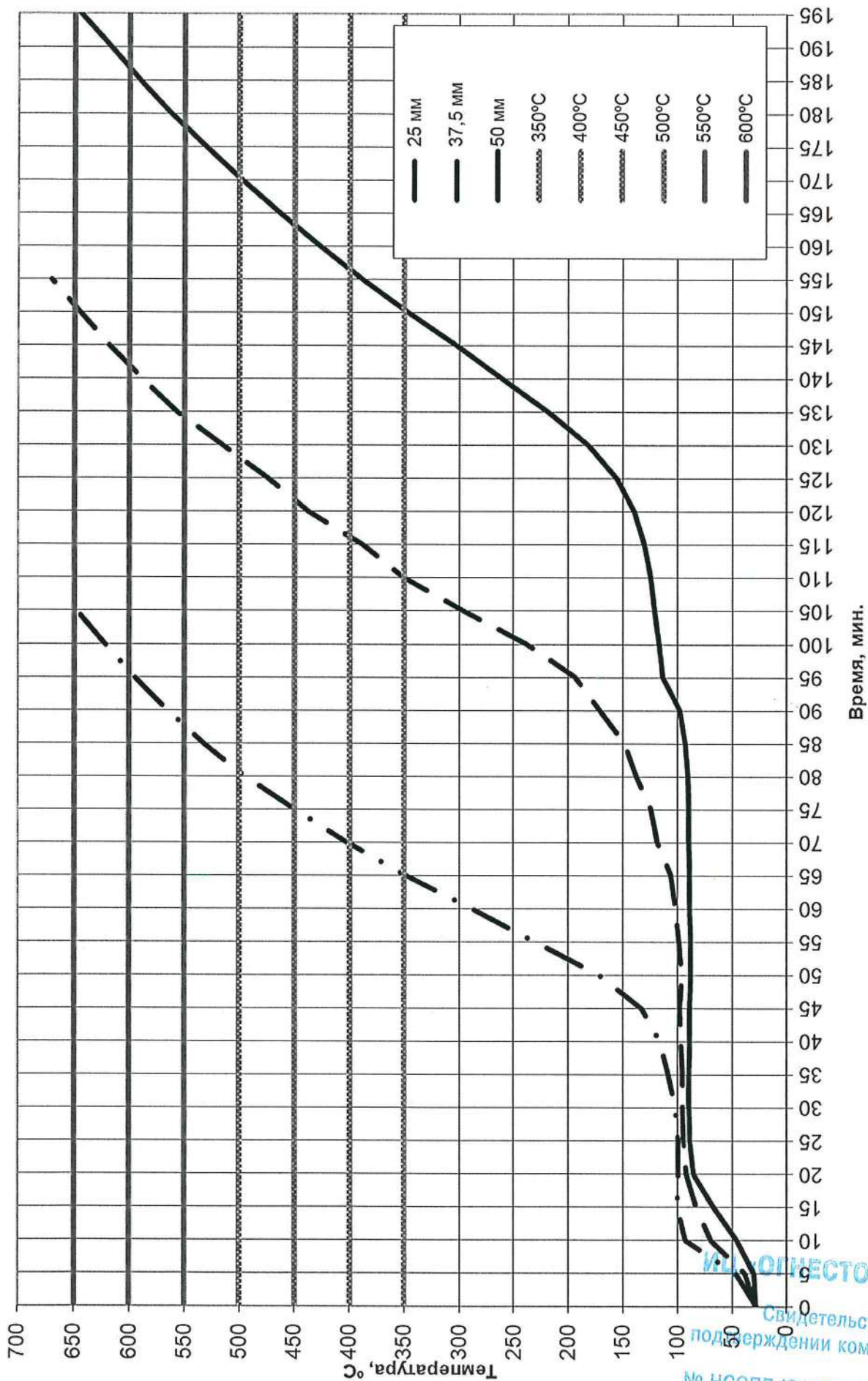


Рис. 2. Изменение температуры на образцах стальных колонн с приведенной толщиной металла 2,5 мм, облицованных огнезащитным покрытием из плит ПНГФ.

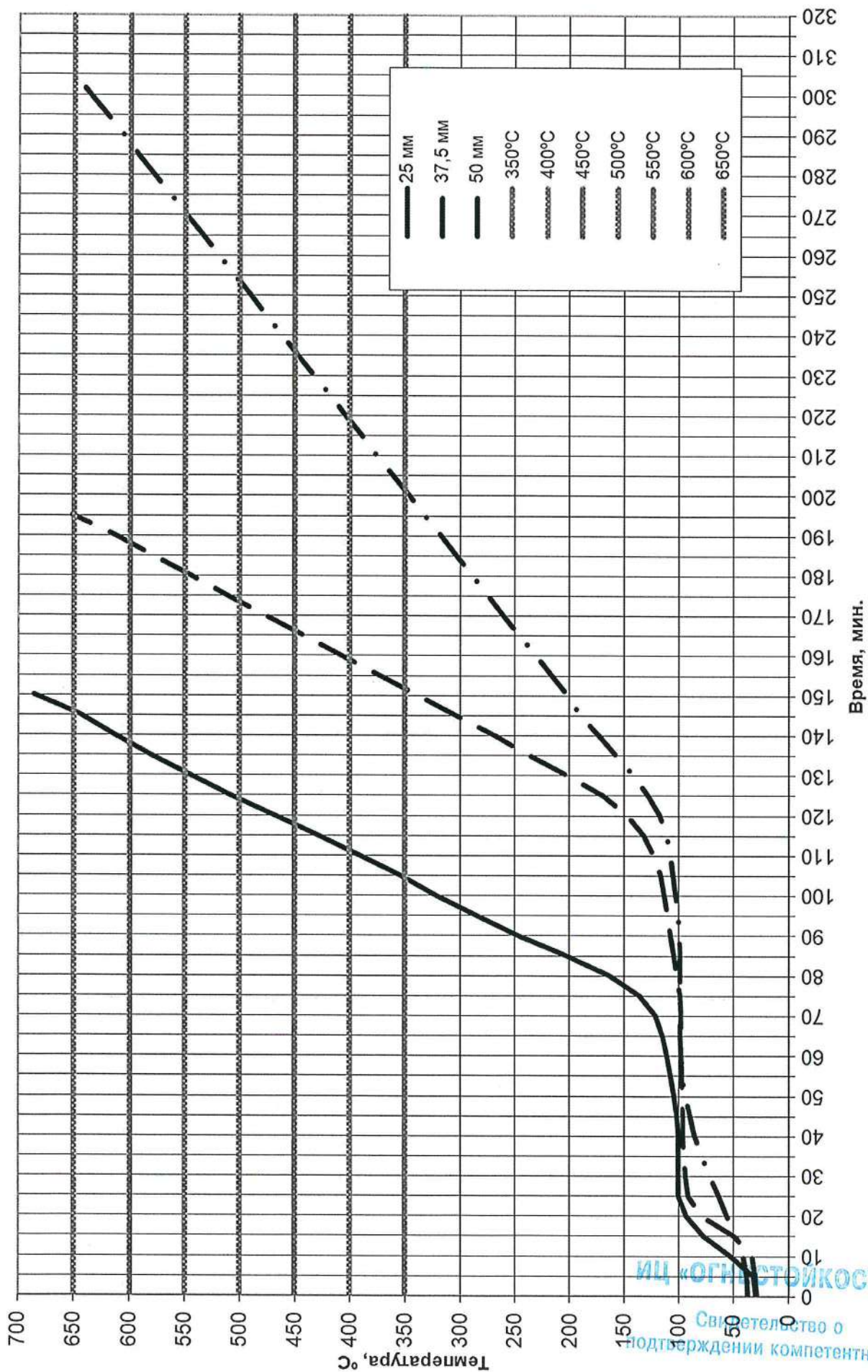


Рис. 3. Изменение температуры на образцах стальных колонн с приведенной толщиной покрытия металла 6,4 мм, облицованных огнезащитным покрытием из плит ПНГФ.

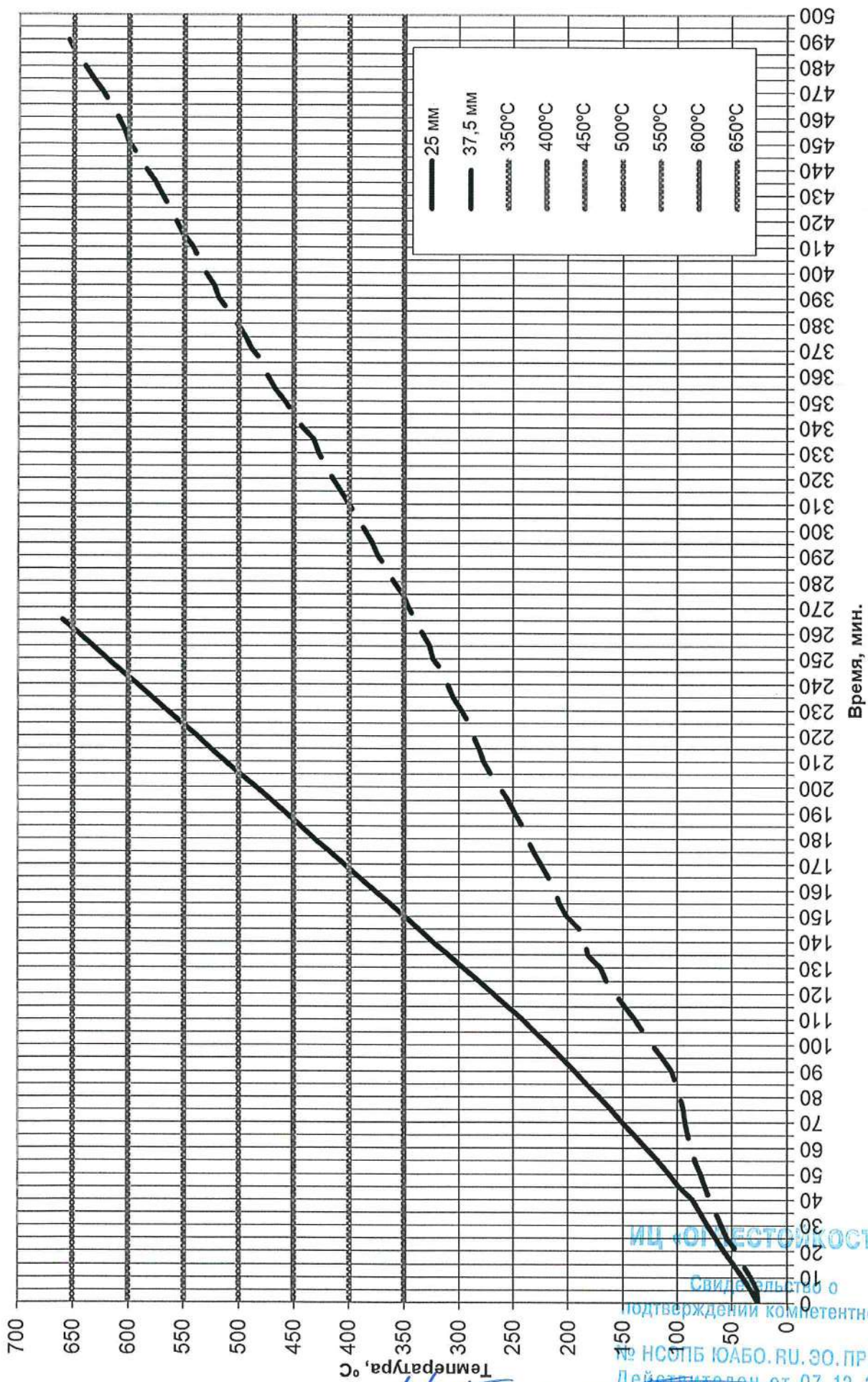


Рис. 4. Изменение температуры на образцах стальных колонн с приведенной толщиной металла 12,3 мм, облицованных огнезащитным покрытием из плит ПНГФ.

4.2.2. Испытания балок

В результате испытаний несущих стальных балок двутаврового сечения 20Б1 (ГОСТ 26020) (ПТМ 3,9 мм), длиной 3200 мм (расстояние между опорами 3000 мм), толщина 12,5 мм и 25 мм защищенных системой бескаркасной конструктивной огнезащиты для стальных конструкций на основе плит гипсовых Гургос Fige марки ПНГФ (ТУ 23.62.10-008-56846022-2018 с изм. 1), скрепленных при помощи самонарезающих винтов и с заделкой стыков между плитами в местах примыканий гипсовой шпатлевкой (СТО 56846022-001-2019 с изм. 1), (образец №1 – испытан под нагрузкой 7 т, приложенной в 2 точках: 1/3 и в 2/3 пролёта (п. 4.3, приложение В, ГОСТ 53295-2009), при трехстороннем тепловом воздействии по стандартному температурному режиму (ГОСТ 30247.0) до наступления предельного состояния согласно ГОСТ 30247.1-94, п. 8.1.1: по потере несущей способности вследствие возникновения предельной деформации (L/20) или по достижении скорости нарастания деформации L2/(9000h), см/мин; образец №2 – испытан без нагрузки, при трехстороннем тепловом воздействии по стандартному температурному режиму, до наступления предельного состояния: повышение средней температуры на металле образца свыше 500 °С), были получены следующие данные времени достижения предельных состояний в минутах:

- Образец №1: максимальная (предельная) деформация 150 мм (п. 1, приложение А, ГОСТ 30247.1-94) достигнута через 125 минут от начала испытания;
- Образец №2: максимальная (предельная) средняя температура 500 °С достигнута через 152 минуты от начала испытания.

Температурные кривые прогрева образцов стальных элементов показаны на рис. 5-6.

Значение результата испытания опытного нагруженного образца №1 балки не отличается от результата испытания образца (№2), испытанного без нагрузки, более чем на 20% в меньшую сторону (п. 5.2, приложение В, ГОСТ Р 53295-2009). Среднее арифметическое значение результатов ранее испытанных колонн без нагрузки (см п. 4.2.1 настоящей Инструкции) корректировки (уменьшения) не требует.

Испытания образцов стальных балок проводили по ГОСТ Р 53295-2009 при трехстороннем тепловом воздействии по стандартному температурному режиму согласно ГОСТ 30247.0. Порядок проведения испытаний, испытательное оборудование, результаты испытаний и пр. представлены в следующем отчете: протокол испытаний № 37 ск/и/оз-2022 от 05.04.2022 г.

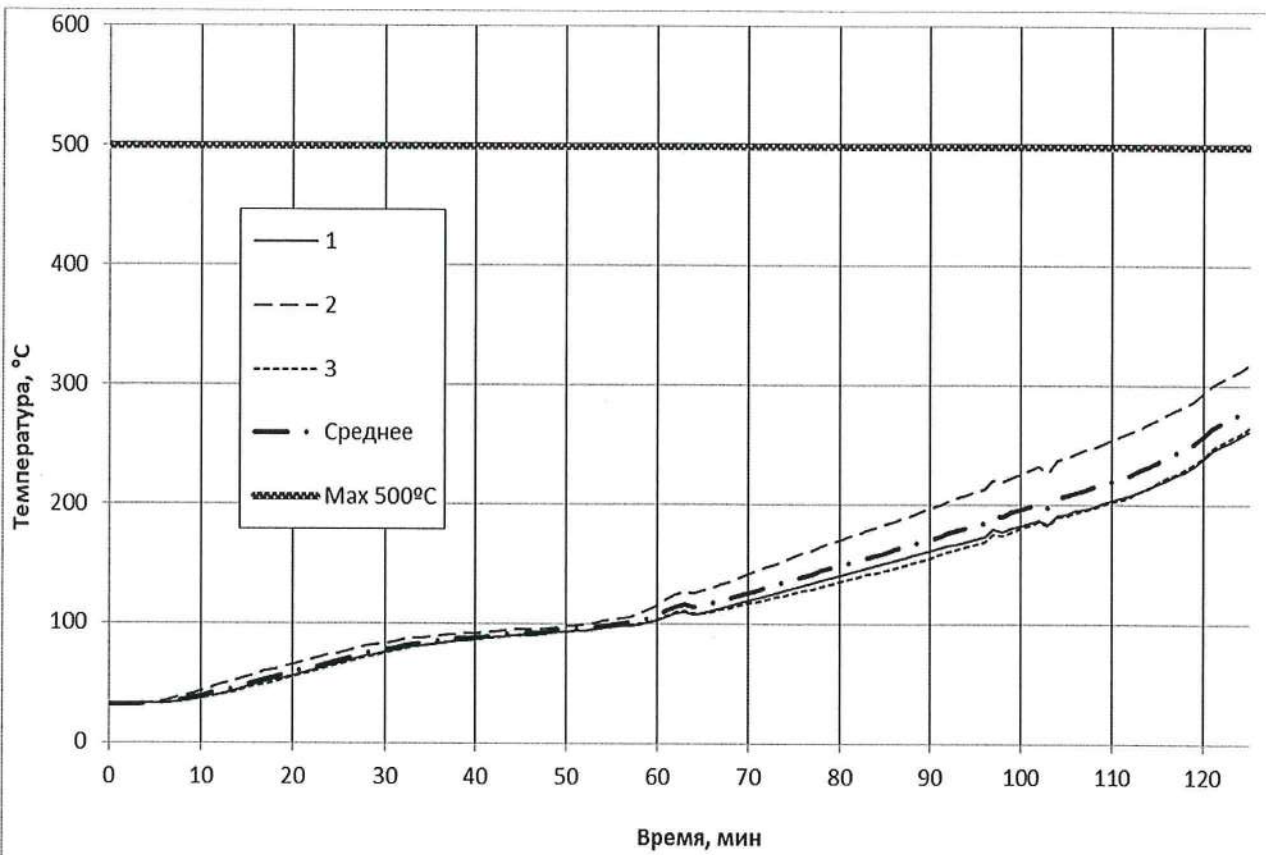


Рис. 5. Изменение температуры образца балки 20Б1, облицованной системой огнезащиты из плит гипсовых Гуркос Fire марки ПНГФ, испытанного под нагрузкой.

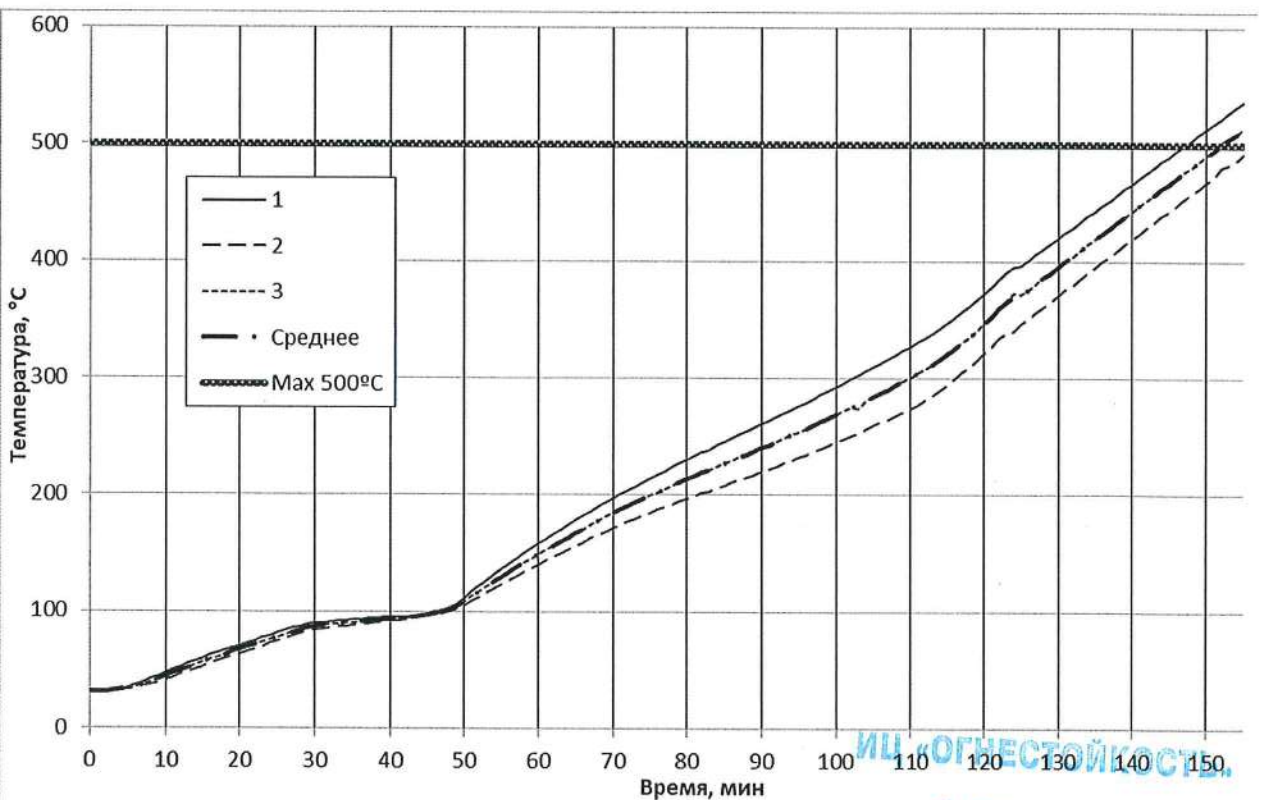


Рис. 6. Изменение температуры образца балки 20Б1, облицованной системой огнезащиты из плит гипсовых Гуркос Fire марки ПНГФ, испытанного без нагрузки.

4.3. Анализ результатов испытаний

Результаты испытаний были проанализированы и обобщены. На основании анализа были построены номограммы зависимости огнезащитной эффективности покрытия от приведенной толщины металлических элементов и толщин огнезащитного покрытия из плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ при различной критической температуре (рис. 7-13).

Для удобства пользования, построенные номограммы были преобразованы в таблицы (рис. 14-20).

Конец текстовой части п.4.3 настоящей Инструкции.

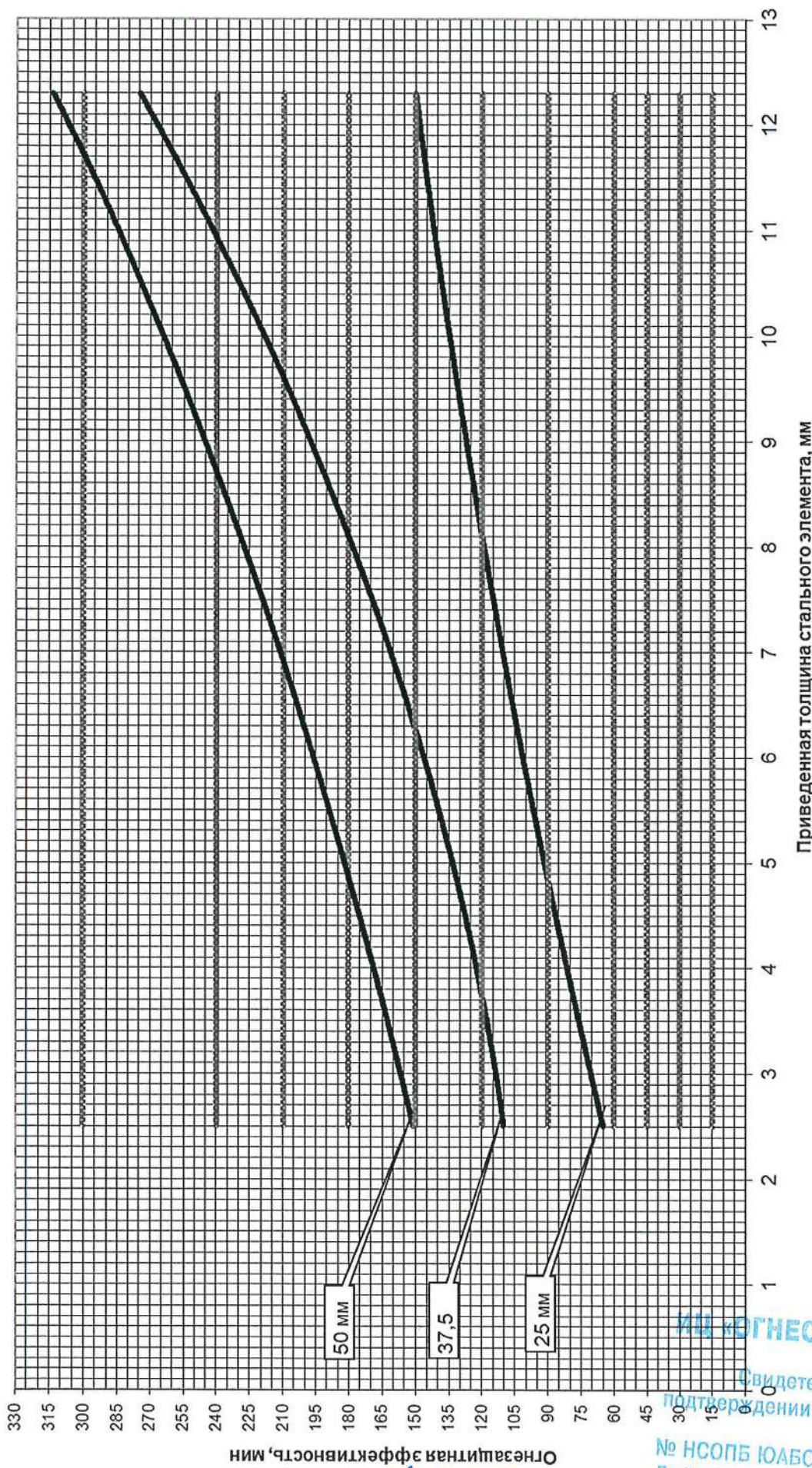


Рис. 7. Номограмма зависимости огнезащитной эффективности системы из плит ПНГФ от приведенной толщины металла стальных элементов и толщин огнезащитного покрытия при $t_{кр} = 350^{\circ}\text{C}$

ИЦ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ»

Свидетельство о подтверждении компетентности

№ НСОПБ ЮАБО. RU. ЭО. ПР. 086
Действителен от 07.12.2017

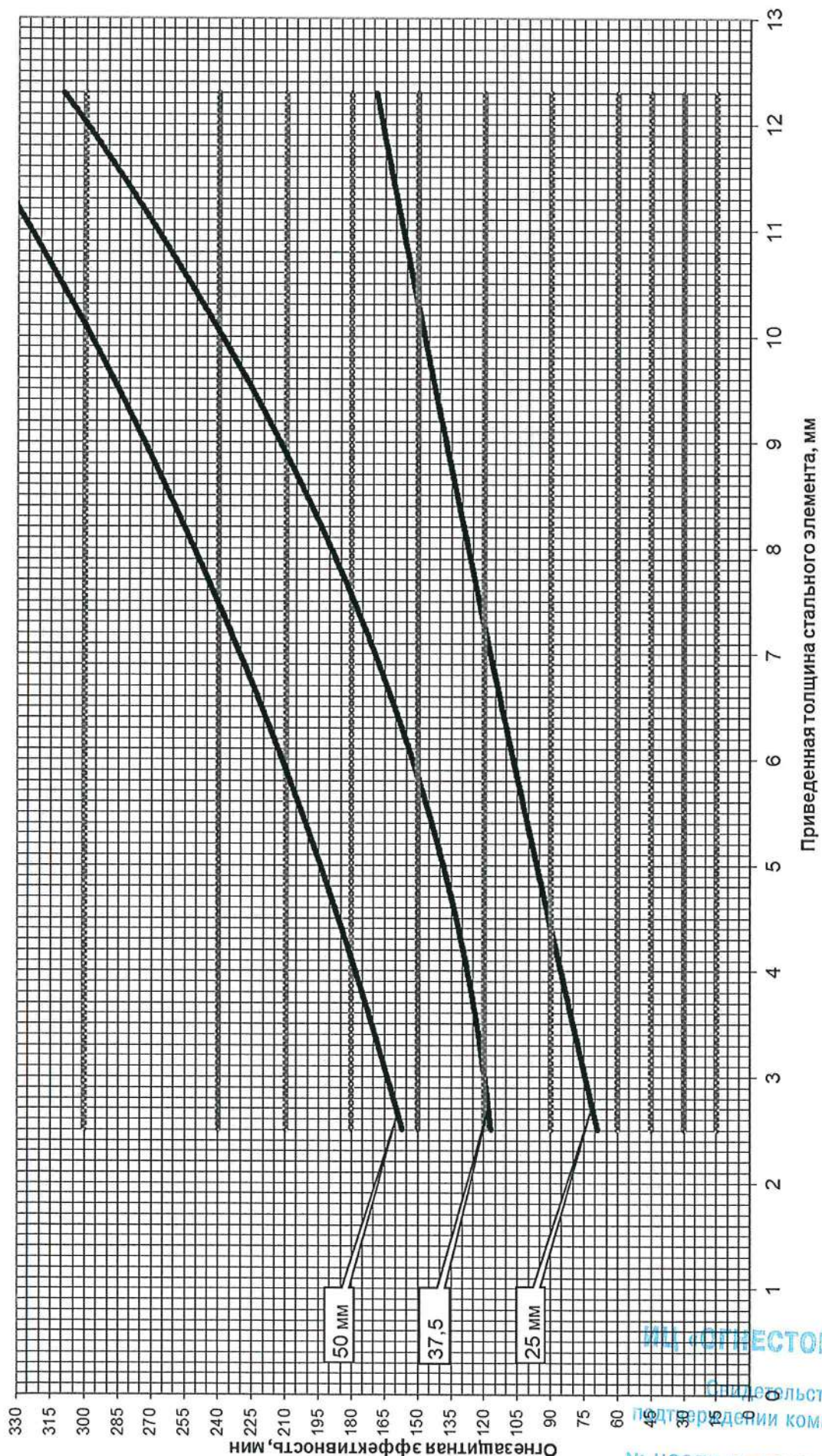


Рис. 8. Номограмма зависимости огнезащитной эффективности системы из плит ПНГФ от приведенной толщины металла стальных элементов и толщин огнезащитного покрытия при t_{кр} = 400°C

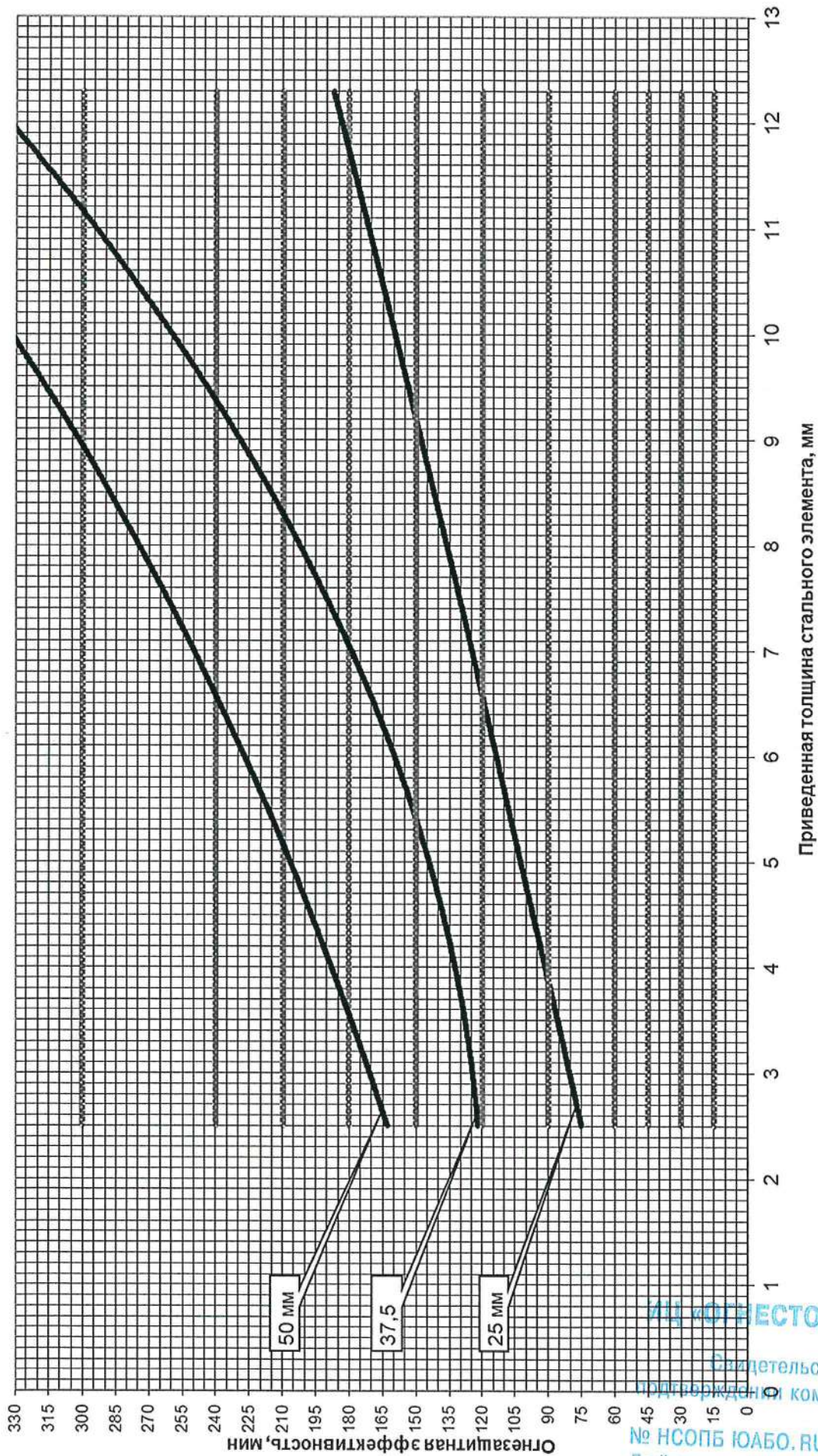


Рис. 9. Номограмма зависимости огнестойкости системы из плит ПНГФ от приведенной толщины металла стальных элементов и толщин огнезащитного покрытия при $t_{кр} = 450^{\circ}\text{C}$

ИЦ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ»

Подтверждено о
компетентности

№ ИСОПБ ЮАБО. РУ. ЭО. ПР. 086
Действителен от 07.12.2017

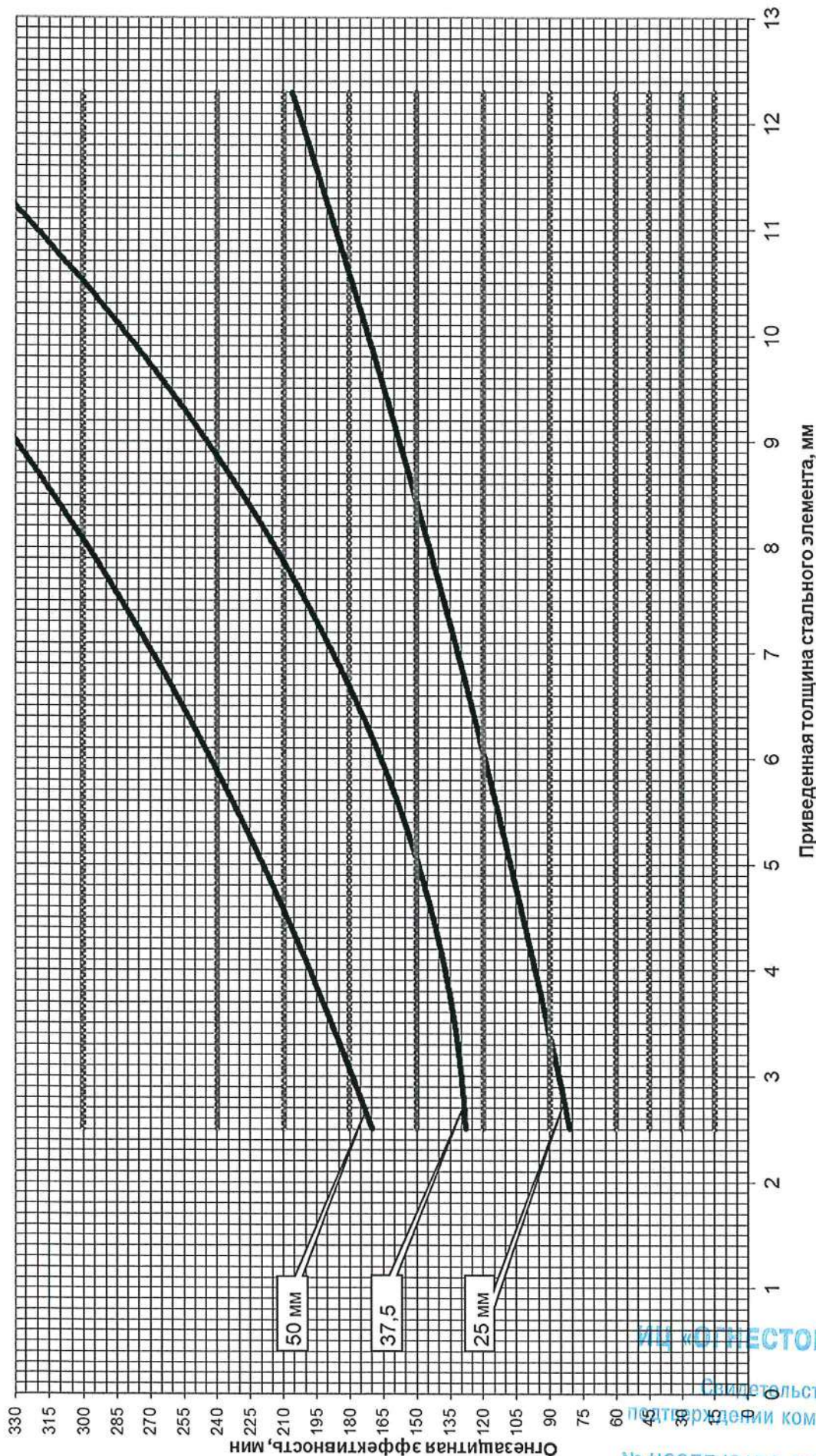


Рис. 10. Номограмма зависимости огнезащитной эффективности системы из плит ПНГФ от приведенной толщины металла стальных элементов и толщин огнезащитного покрытия при $t_{кр} = 500^{\circ}\text{C}$

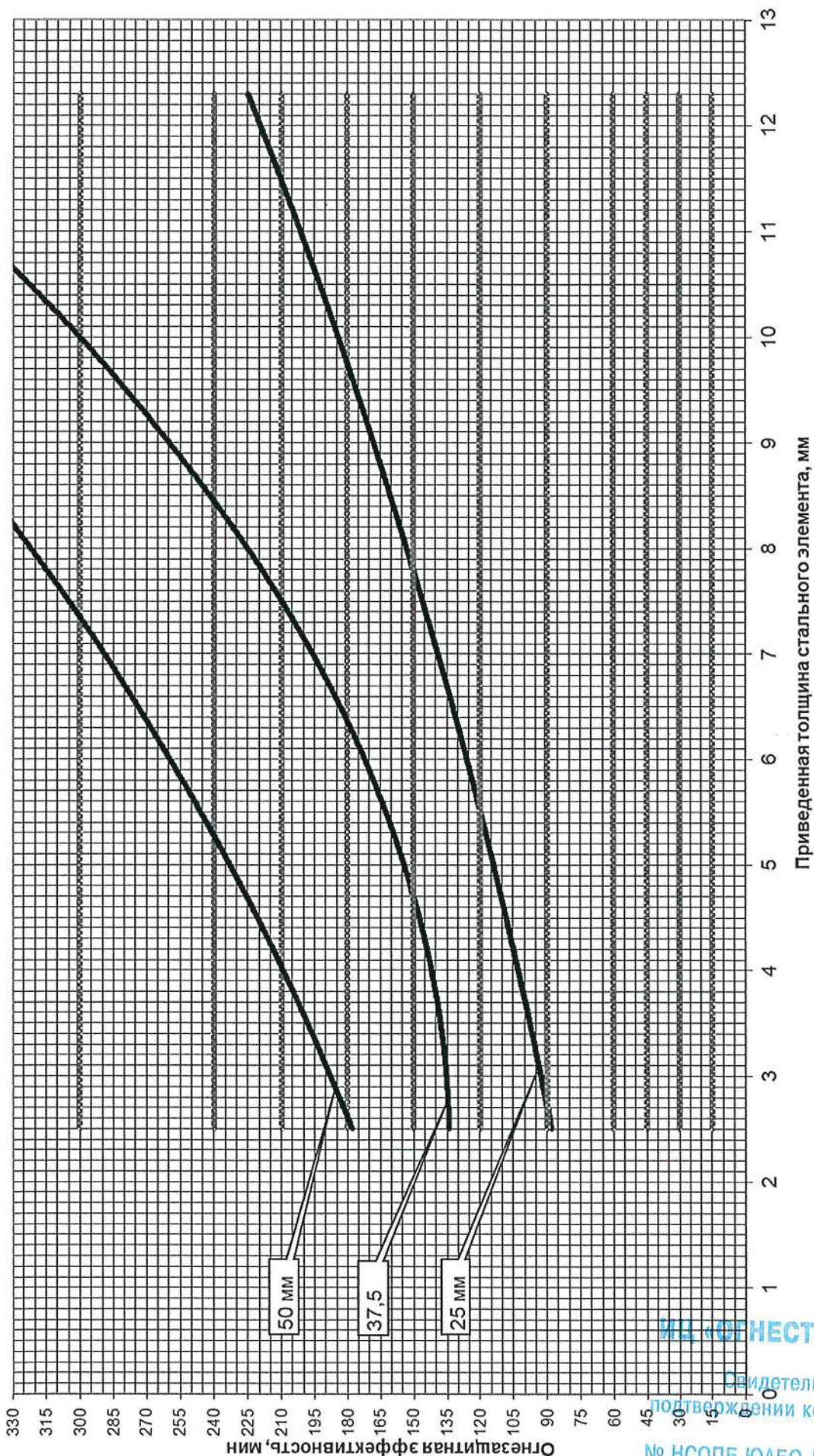


Рис. 11. Номограмма зависимости огнезащитной эффективности системы из плит ПНГФ от приведенной толщины металла стальных элементов и толщин огнезащитного покрытия при $t_{кр} = 550^{\circ}\text{C}$

ИЦ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ»

Свидетельство о
подтверждении компетентности

№ ИСОПБ ЮАБО. RU. ЭО. ПР. 086

действителен от 07.12.2017

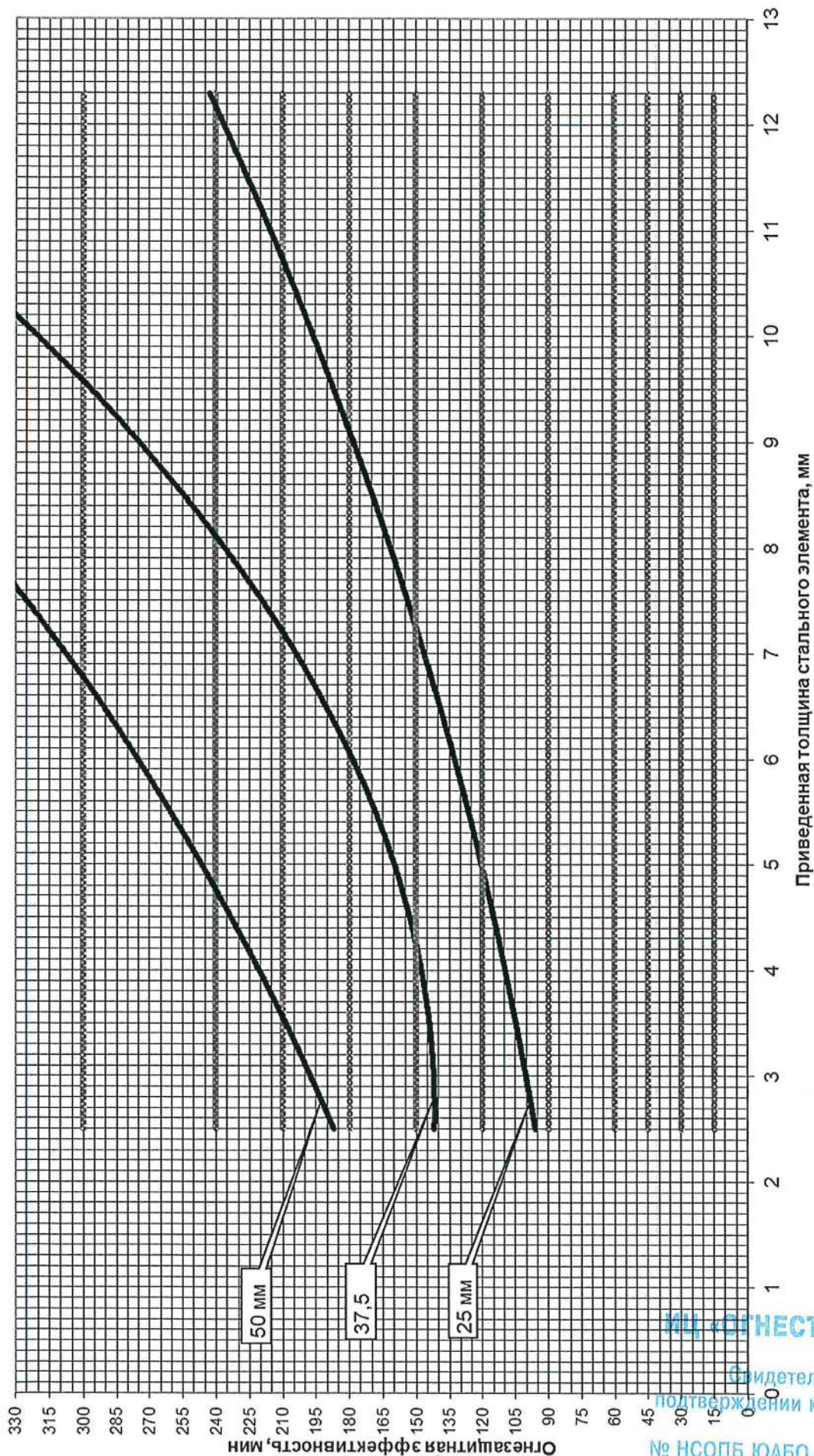


Рис. 12. Номограмма зависимости огнезащитной эффективности системы из плит ПНГФ от приведенной толщины металла стальных элементов и толщин огнезащитного покрытия при $t_{кр} = 600^{\circ}\text{C}$

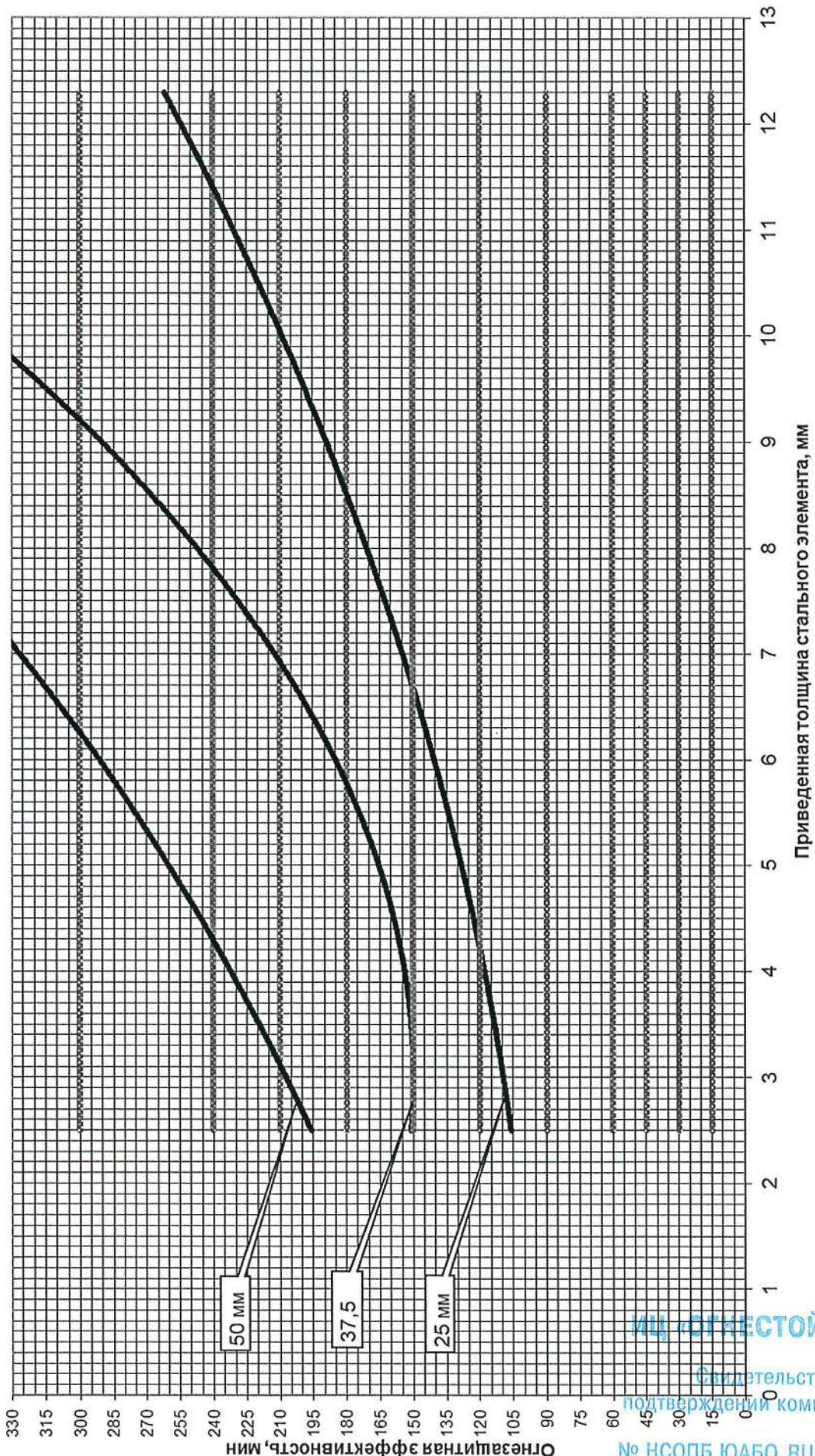


Рис. 13. Номограмма зависимости огнезащитной эффективности системы из плит ПНГФ от приведенной толщины металла стальных элементов и толщин огнезащитного покрытия при $t_{кр} = 650^{\circ}\text{C}$

ИЦ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ»

Свидетельство о подтверждении компетентности

№ НСОПБ ЮАБО.РУ.ЭО.ПР.086

Действителен от 07.12.2017

		ОГНЕЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ											
		15	30	45	60	90	120	150	180	210	240	300	
Приведенная толщина металла защищаемого элемента, мм	12	12,5											50
		12,2											
		12,1											
	11	12											
		11,9											
		11,8											
		11,7											
		11,6											
		11,5											
		11,4											
		11,3											
		11,1											
	10	11											
		10,9											
		10,8											
		10,7											
		10,6											
		10,5											
		10,4											
		10,3											
		10,2											
	9	10,1											
		10											
		9,9											
		9,8											
		9,7											
		9,6											
		9,5											
		9,4											
		9,3											
	8	9,2											
		9,1											
		9											
		8,9											
		8,8											
		8,7											
		8,6											
		8,5											
		8,4											
	7	8,3											
		8,2											
		8,1											
		8											
		7,9											
		7,8											
		7,7											
		7,6											
		7,5											
6	7,4	25	25	25	25								
	7,3												
	7,2												
	7,1												
	7												
	6,9												
	6,8												
	6,7												
	6,6												
5	6,5												
	6,4												
	6,3												
	6,2												
	6,1												
	6												
	5,9												
	5,8												
	5,7												
4	5,6												
	5,5												
	5,4												
	5,3												
	5,2												
	5,1												
	5												
	4,9												
	4,8												
3	4,7												
	4,6												
	4,5												
	4,4												
	4,3												
	4,2												
	4,1												
	4												
	3,9												
2	3,8												
	3,7												
	3,6												
	3,5												
	3,4												
	3,3												
	3,2												
	3,1												
	3												
2,9													

Рис. 14. Зависимость огнестойкости покрытия от приведенной толщины стального элемента и толщины огнестойкого покрытия «Gurco Fire марки ПНГФ», при критической температуре 350 °С.

		ОГНЕЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ											
		15	30	45	60	90	120	150	180	210	240	300	
Приведенная толщина металла защищаемого элемента, мм	12	12,3										37,5	
		12,2											
		12,1											
	11	12											
		11,9											
		11,8											
		11,7											
		11,6											
		11,5											
	10	11,4							25				
		11,3										37,5	
		11,2											50
		11,1											
		11											
		10,9											
		10,8											
		10,7									37,5		
		10,6											
		10,5											
		10,4											
		10,3											
	9	10,2											
		10,1											
		10											
		9,9											
		9,8											
		9,7											
		9,6											
		9,5											
		9,4											
		9,3											
		9,2											
		9,1											
	8	9											
		8,9											
		8,8											
		8,7											
		8,6											
		8,5											
		8,4											
		8,3											
		8,2											
		8,1											
		8											
		7,9											
	7	7,8											
		7,7											
		7,6											
7,5													
7,4													
7,3		25	25	25	25								
7,2													
7,1													
7													
6,9													
6,8													
6,7													
6	6,6												
	6,5												
	6,4												
	6,3												
	6,2												
	6,1												
	6												
	5,9												
	5,8												
	5,7												
	5,6												
	5	5,5											
5,4													
5,3													
5,2													
5,1													
5													
4,9													
4,8													
4,7													
4,6													
4		4,5											
		4,4											
	4,3												
	4,2												
	4,1												
	4												
	3,9												
	3,8												
	3,7												
	3,6												
	3	3,5											
		3,4											
3,3													
3,2													
3,1													
3													
2,9													
2,8													
2,7													
2		2,6											
		2,5											
		2,4											
	2,3												
	2,2												
	2,1												
	2												
	1,9												
	1,8												
	1,7												
	1,6												
	1,5												
1,4													
1,3													
1,2													
1,1													
1													
0,9													
0,8													
0,7													
0,6													
0,5													
0,4													
0,3													
0,2													
0,1													
0													

Толщина огнезащитного покрытия ПНГФ при 400 °С

ИЦ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ»

Свидетельство о

Рис. 15. Зависимость огнезащитной эффективности покрытия от приведенной толщины стального элемента и толщины огнезащитного покрытия «Gurros Fire марки ПНГФ», при критической температуре 400 °С.

№ НСОПБ ЮАБО. RU. ЭО. ПР. 086
Действителен от 07.12.2017

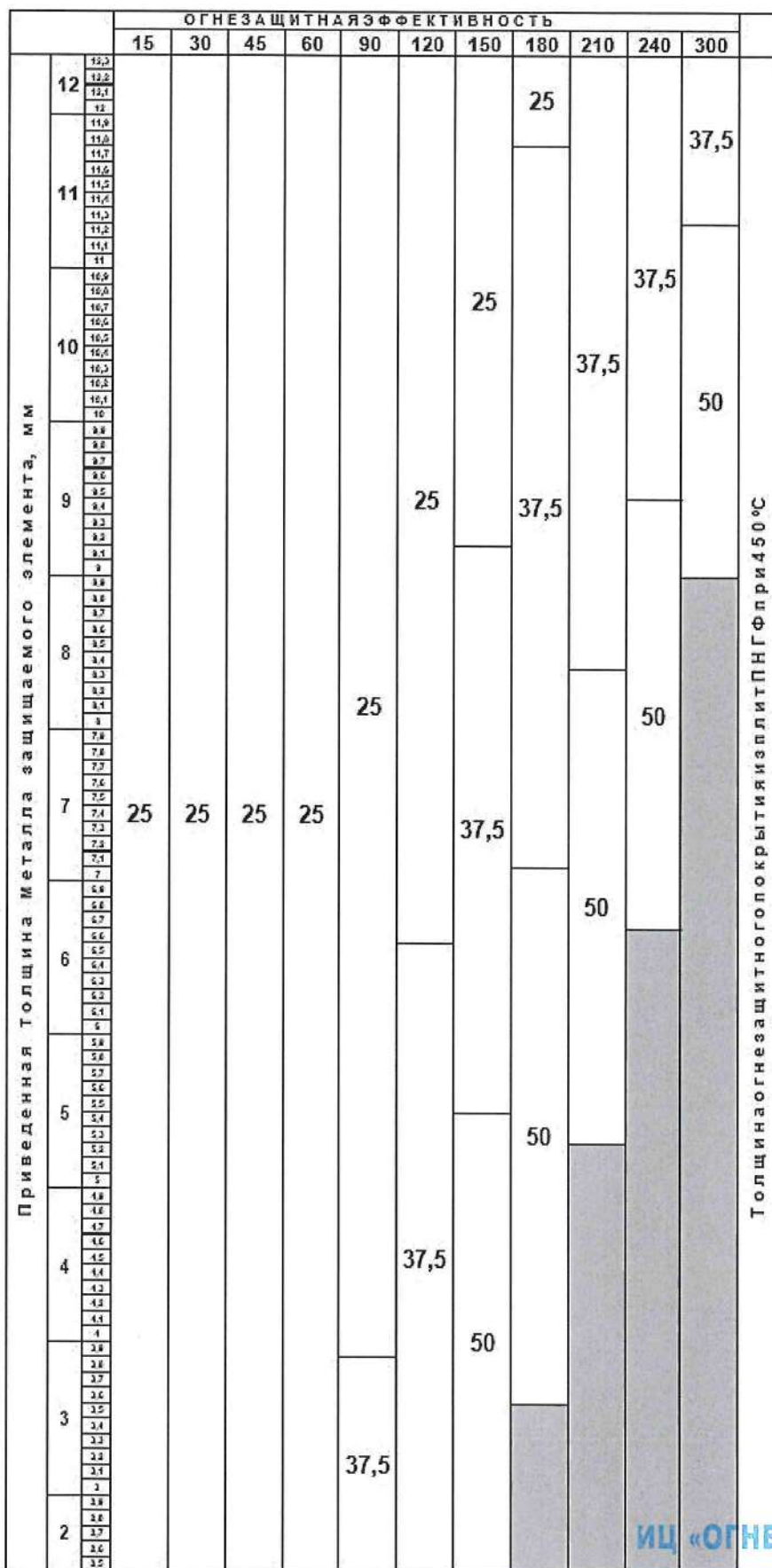


Рис. 16. Зависимость огнестойкости покрытия от приведенной толщины стального элемента и толщины огнестойкого покрытия «Gurgos Fire марки ПНДФ», при критической температуре 450 °С.

		ОГНЕЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ										
		15	30	45	60	90	120	150	180	210	240	300
12	12,3	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	12,2											
	12,1											
	12											
	11,9											
	11,8											
	11,7											
	11,6											
	11,5											
	11,4											
	11,3											
	11,2											
11,1												
11												
11	10,9	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	10,8											
	10,7											
	10,6											
	10,5											
	10,4											
	10,3											
	10,2											
	10,1											
	10											
	9,9											
	9,8											
9,7												
9,6												
9,5												
9,4												
9,3												
9,2												
9,1												
9												
8,9												
8,8												
8,7												
8,6												
8,5												
8,4												
8,3												
8,2												
8,1												
8												
7,9												
7,8												
7,7												
7,6												
7,5												
7,4												
7,3												
7,2												
7,1												
7												
6,9												
6,8												
6,7												
6,6												
6,5												
6,4												
6,3												
6,2												
6,1												
6												
5,9												
5,8												
5,7												
5,6												
5,5												
5,4												
5,3												
5,2												
5,1												
5												
4,9												
4,8												
4,7												
4,6												
4,5												
4,4												
4,3												
4,2												
4,1												
4												
3,9												
3,8												
3,7												
3,6												
3,5												
3,4												
3,3												
3,2												
3,1												
3												
2,9												
2,8												
2,7												
2,6												
2,5												
2,4												
2,3												
2,2												
2,1												
2												
1,9												
1,8												
1,7												
1,6												
1,5												
1,4												
1,3												
1,2												
1,1												
1												
0,9												
0,8												
0,7												
0,6												
0,5												
0,4												
0,3												
0,2												
0,1												
0												

Рис. 17. Зависимость огнезащитной эффективности покрытия от приведенной толщины стального элемента и толщины огнезащитного покрытия «Gurros Fire марки ПНГФ» при критической температуре 500 °С.

ИЦ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ»

		ОГНЕЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ										
		15	30	45	60	90	120	150	180	210	240	300
Приведенная толщина металла защищаемого элемента, мм	12	12,3										
		12,2										
	11	12,1										
		12										
		11,9								25		
		11,8										
		11,7										
		11,6										37,5
		11,5										
		11,4										
	10	11,3										
		11,2										
		11,1										
		11							25			
		10,9										
		10,8										
		10,7										
		10,6										
	9	10,5							25			
		10,4										
10,3												
10,2												
10,1												
10												
9,9												
9,8												
8	9,7											
	9,6											
	9,5											
	9,4											
	9,3											
	9,2											
	9,1											
	9											
7	8,9											
	8,8											
	8,7											
	8,6											
	8,5											
	8,4											
	8,3											
	8,2											
6	8,1											
	8											
	7,9											
	7,8											
	7,7											
	7,6											
	7,5											
	7,4	25	25	25	25	25						
5	7,3											
	7,2											
	7,1											
	7											
	6,9											
	6,8											
	6,7											
	6,6											
4	6,5											
	6,4											
	6,3											
	6,2											
	6,1											
	6											
	5,9											
	5,8											
3	5,7											
	5,6											
	5,5											
	5,4											
	5,3											
	5,2											
	5,1											
	5											
2	4,9											
	4,8											
	4,7											
	4,6											
	4,5											
	4,4											
	4,3											
	4,2											
1	4,1											
	4											
	3,9											
	3,8											
	3,7											
	3,6											
	3,5											
	3,4											
3,3												
3,2												
3,1												
3												
2,9												
2,8												
2,7												
2,6												
2,5												
2,4												
2,3												
2,2												
2,1												
2												
1,9												
1,8												
1,7												
1,6												
1,5												
1,4												
1,3												
1,2												
1,1												
1												
0,9												
0,8												
0,7												
0,6												
0,5												
0,4												
0,3												
0,2												
0,1												
0												

Рис. 18. Зависимость огнезащитной эффективности покрытия от приведенной толщины стального элемента и толщины огнезащитного покрытия «Гуркос Fire марки ПНФ», при критической температуре 550 °С.

		ОГНЕЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ											
		15	30	45	60	90	120	150	180	210	240	300	
Приведенная толщина металла защищаемого элемента, мм	12	12,2											
		12,1											
		12											
	11	11,9											
		11,8											
		11,7											
		11,6									25		
		11,5											
		11,4											
	10	11,3											
		11,2											
		11,1											
		11											37,5
		10,9											
		10,8											
		10,7											
		10,6								25			
		10,5											
		10,4											
		10,3											
		10,2											
	9	10,1											
		10											
		9,9											
		9,8											
		9,7											
		9,6											
	8	9,5											
		9,4											
		9,3											
		9,2											
		9,1											
		9											
	7	8,9											
		8,8											
		8,7											
		8,6											
		8,5											
		8,4											
	6	8,3											
		8,2											
		8,1											
		8											
		7,9											
		7,8											
	5	7,7											
		7,6											
		7,5											
7,4		25	25	25	25	25							
7,3													
7,2													
4	7,1												
	7												
	6,9												
	6,8												
	6,7												
	6,6												
3	6,5												
	6,4												
	6,3												
	6,2												
	6,1												
	6												
2	5,9												
	5,8												
	5,7												
	5,6												
	5,5												
	5,4												
5,3													
5,2													
5,1													
5													
4,9													
4,8													
4,7													
4,6													
4,5													
4,4													
4,3													
4,2													
4,1													
4													
3,9													
3,8													
3,7													
3,6													
3,5													
3,4													
3,3													
3,2													
3,1													
3													
2,9													
2,8													
2,7													
2,6													
2,5													
2,4													
2,3													
2,2													
2,1													
2													
1,9													
1,8													
1,7													
1,6													
1,5													
1,4													
1,3													
1,2													
1,1													
1													
0,9													
0,8													
0,7													
0,6													
0,5													
0,4													
0,3													
0,2													
0,1													
0													

Рис. 19. Зависимость огнестойкости покрытия от приведенной толщины стального элемента и толщины огнестойкого покрытия «Гуркос Fire марки ПНГФ», при критической температуре 600 °С.

ИЦ «Огнестойкость»
 Свидетельство о
 подтверждении компетентности

		ОГНЕЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ										
		15	30	45	60	90	120	150	180	210	240	300
12	12,2	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	12,1											
	12,0											
	11,9											
	11,8											
	11,7											
	11,6											
	11,5											
	11,4											
	11,3											
11	11,2	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	11,1											
	11,0											
	10,9											
	10,8											
	10,7											
	10,6											
	10,5											
	10,4											
	10,3											
10	10,2	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	10,1											
	10,0											
	9,9											
	9,8											
	9,7											
	9,6											
	9,5											
	9,4											
	9,3											
9	9,2	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	9,1											
	9,0											
	8,9											
	8,8											
	8,7											
	8,6											
	8,5											
	8,4											
	8,3											
8	8,2	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	8,1											
	8,0											
	7,9											
	7,8											
	7,7											
	7,6											
	7,5											
	7,4											
	7,3											
7	7,2	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	7,1											
	7,0											
	6,9											
	6,8											
	6,7											
	6,6											
	6,5											
	6,4											
	6,3											
6	6,2	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	6,1											
	6,0											
	5,9											
	5,8											
	5,7											
	5,6											
	5,5											
	5,4											
	5,3											
5	5,2	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	5,1											
	5,0											
	4,9											
	4,8											
	4,7											
	4,6											
	4,5											
	4,4											
	4,3											
4	4,2	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	4,1											
	4,0											
	3,9											
	3,8											
	3,7											
	3,6											
	3,5											
	3,4											
	3,3											
3	3,2	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	3,1											
	3,0											
	2,9											
	2,8											
	2,7											
	2,6											
	2,5											
	2,4											
	2,3											
2	2,2	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	2,1											
	2,0											
	1,9											
	1,8											
	1,7											
	1,6											
	1,5											
	1,4											
	1,3											

Рис. 20. Зависимость огнезащитной эффективности покрытия от приведенной толщины стального элемента и толщины огнезащитного покрытия «Гуркос Fire марки ПНГФ», при критической температуре 650 °С.

ИЦ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ»
 подтверждении компетентности

5. Примеры расчетов.

5.1. Пример подбора толщины покрытия из плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ, в зависимости от требуемой огнезащитной эффективности (150 мин) для стальной колонны с известной приведенной толщиной металла (6,4 мм).

По таблице зависимости огнезащитной эффективности покрытия от приведенной толщины стального элемента и толщины огнезащитного покрытия из огнезащитного состава «Gyproc Fire марки ПНГФ» (Рис. 21 Инструкции) находим «ячейку», расположенную в точке пересечения известного значения приведенной толщины стального элемента (6,4 мм) и требуемой огнезащитной эффективности в минутах (150 мин.).

		ОГНЕЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ										Толщина огнезащитного покрытия из плит ПНГФ при 350 °С			
		15	30	45	60	90	120	150	180	210	240		300		
Приведенная толщина металла защищаемого элемента, мм	8,3														
	8,2														
	8,1														
	8					25									
	7,9														
	7,8														
	7,7														
	7,6														
	7,5														
	7,4														
	7,3					25									
	7,2														
	7,1														
	7														
	6,9														
	6,8														
	6,7				25										
	6,6	25													
	6,5		25												
	6,4			25		37,5									
6,3															
6,2															
6,1															
6															
5,9															
5,8															
5,7															
5,6															
5,5															
5,4															
5,3					37,5										
5,2															
5,1															
5						50									
4,9															

Рис. 21. Пример подбора толщины покрытия из плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ в зависимости от требуемой огнезащитной эффективности 150 мин. для стальной колонны с приведенной толщиной металла 6,4 мм.

Таким образом, необходимая для обеспечения заданных условий толщина покрытия – 50 мм.

ИЦ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ»

Свидетельство о
подтверждении компетентности

№ НСОПБ ЮАБО. RU. ЭО. ПР. 086
Действителен от 07.12.2017

5.2. Пример расчета предела огнестойкости стальной колонны с огнезащитой из плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ.

Исходные данные:

Дана стальная колонна, выполненная из двутавра № 20 по ГОСТ 8239-89, длиной 3,0 м, с шарнирным опиранием по концам, нагруженной центрально приложенной нагрузкой $N_H=40$ т. Колонна имеет огнезащиту из гипсовых плит Gyproc Fire марки ПНГФ толщиной 37,5 мм.

Задача: определить предел огнестойкости колонны при условии 4-х стороннего обогрева.

Расчет:

1) Согласно п. 2.2. вычисляем критическую температуру:

По формулам (1) и (2) вычисляем коэффициенты γ_T и γ_e при следующих параметрах:

$$N_H = 40000 \text{ кг};$$

$$F = 26,8 \text{ см}^2 - \text{ взято из справочника конструктора};$$

$$R_H = 2800 \text{ кг/см}^2 - \text{ для стали Ст5 по ГОСТ 380-71};$$

$$E_H = 2100000 \text{ кг/см}^2;$$

$$l_0 = 300 \text{ см} - \text{ для случая шарнирного опирания обеих концов};$$

$$J_{\min} = 1840 \text{ см}^4 - \text{ взято из справочника конструктора.}$$

$$\gamma_T = 0,53,$$

$$\gamma_e = 0,09,$$

Для полученных коэффициентов γ_T и γ_e по таблице 1 находим значения температур и наименьшую принимаем за критическую температуру:

$$t_{кр} = 519 \text{ }^\circ\text{C}.$$

2) По формуле (5) вычисляем приведенную толщину металла конструкции. Геометрические размеры и площадь сечения колонны берутся из ГОСТ 8239-89 для двутавра № 20.

$$I = 789,6 \text{ мм} - \text{ для случая 4-х стороннего обогрева колонны};$$

$$F = 2680 \text{ мм}^2;$$

$$\delta_{пр} = 3,4 \text{ мм}.$$

3) Определив критическую температуру конструкции $t_{кр} = 519 \text{ }^\circ\text{C}$, выбираем номограммы с ближайшими значениями $t_{кр} = 500 \text{ }^\circ\text{C}$ и $t_{кр} = 550 \text{ }^\circ\text{C}$ (Рис.10 и 11). Для заданной толщины гипсовых плит Gyproc Fire марки ПНГФ толщиной 37,5 мм и для найденной приведенной толщины металла $\delta_{пр} = 3,4$ мм находим два значения предела огнестойкости при $t_{кр} = 500 \text{ }^\circ\text{C}$ и $t_{кр} = 550 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 22);

ИЦ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ»

Свидетельство о
подтверждении компетентности

№ НСОПБ ЮАБО. RU. ЭО. ПР. 086
действителен от 07.12.2017

Пример интерполяции:

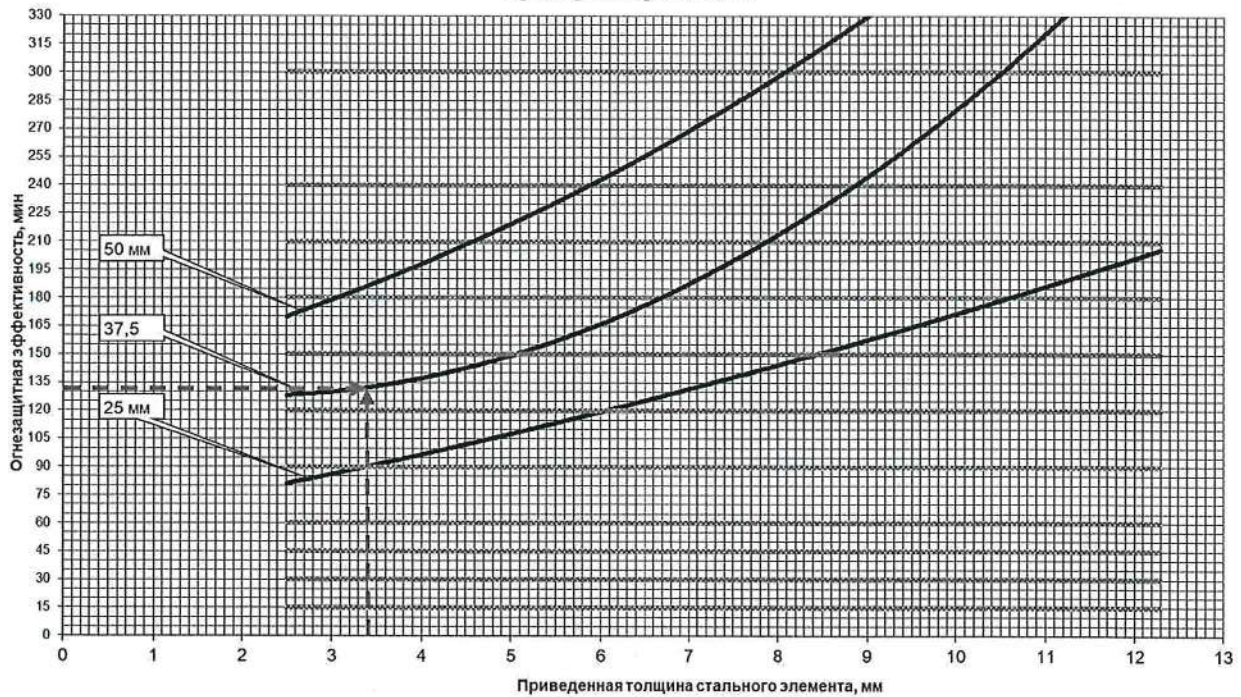


Рис. 10. Номограмма зависимости огнезащитной эффективности системы из плит ПНГФ от приведенной толщины металла стальных элементов и толщин огнезащитного покрытия при $t_{кр} = 500^{\circ}\text{C}$

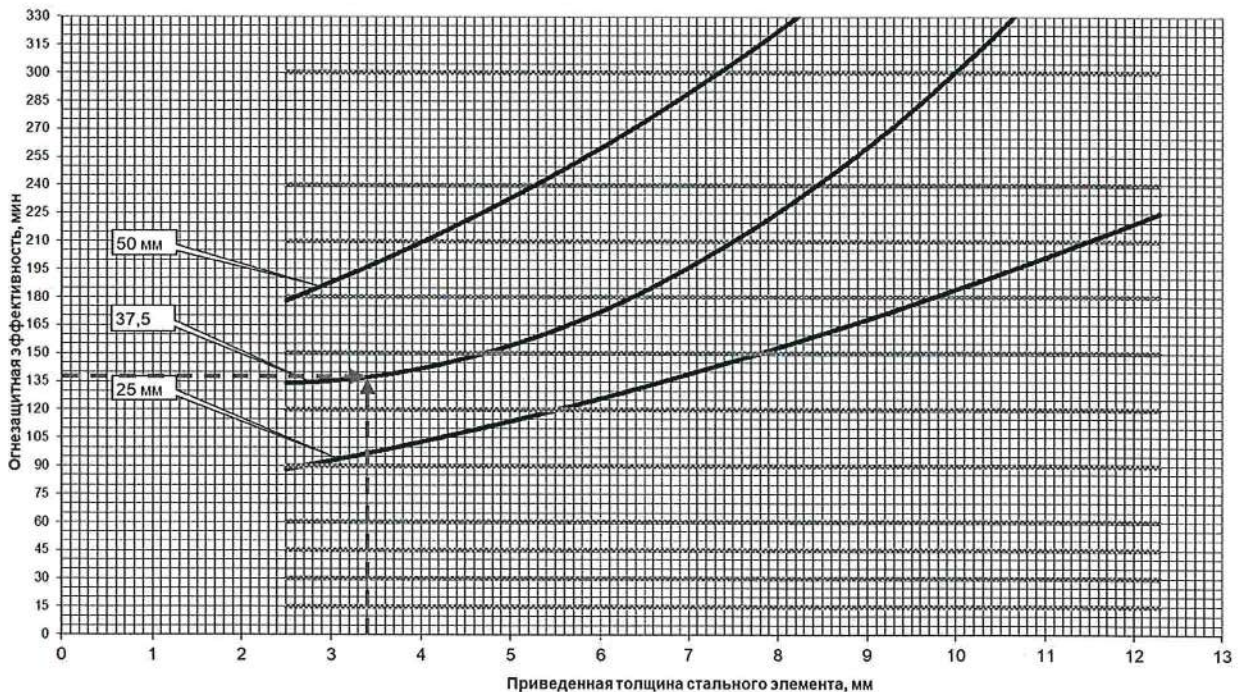


Рис. 11. Номограмма зависимости огнезащитной эффективности системы из плит ПНГФ от приведенной толщины металла стальных элементов и толщин огнезащитного покрытия при $t_{кр} = 550^{\circ}\text{C}$

Рис. 22. Пример определения времени достижения критической температуры 519°C для стальной колонны с приведенной толщиной металла 3,4 мм, облицованной покрытием из плит гипсовых Гурпос Fire марки ПНГФ толщиной 37,5 мм.

$T_1 = 132$ мин. (см. верхнюю схему на рис. 22), $T_2 = 136$ мин. (см. нижнюю схему на рис. 22). Интерполируя данный отрезок, получаем значение времени достижения критической температуры $t_{кр} = 519^{\circ}\text{C}$ - 133 мин., что, по результатам проведенного расчета соответствует пределу огнестойкости колонны R 120.

подтверждении компетентности

№ ИСОПБ ЮАБО.РУ.ЭО.ПР.086
Действителен от 07.12.2017

5.3. Пример расчета (подбора) толщины огнезащиты из плит гипсовых Gyproc Fire марки ПНГФ стальной колонны для обеспечения заданного предела огнестойкости.

Исходные данные:

Дана стальная колонна двутаврового сечения профиля № 20 по ГОСТ 8239-89, длиной 3,0 м, с шарнирным опиранием по концам, нагруженной центрально приложенной нагрузкой $N_H=40$ т. Предел огнестойкости колонны должен соответствовать 150 мин. (R 150).

Задача:

определить необходимую толщину огнезащитного покрытия колонны при условии 4-х стороннего обогрева для обеспечения требуемого предела огнестойкости.

Расчет:

1) Согласно п. 2.2. вычисляем критическую температуру:

По формулам (1) и (2) вычисляем коэффициенты γ_T и γ_e при следующих параметрах:

$$N_H = 40000 \text{ кг};$$

$$F = 26,8 \text{ см}^2 \text{ - взято из справочника конструктора};$$

$$R_H = 2800 \text{ кг/см}^2 \text{ - для стали Ст5 по ГОСТ 380-71};$$

$$E_H = 2100000 \text{ кг/см}^2;$$

$$l_0 = 300 \text{ см - для случая шарнирного опирания обеих концов};$$

$$J_{\min} = 1840 \text{ см}^4 \text{ - взято из справочника конструктора.}$$

$$\gamma_T = 0,53,$$

$$\gamma_e = 0,09,$$

Для полученных коэффициентов γ_T и γ_e по таблице 1 находим значения температур и наименьшую принимаем за критическую температуру:

$$t_{кр} = 519 \text{ }^\circ\text{C}.$$

2) По формуле (5) вычисляем приведенную толщину металла конструкции. Геометрические размеры и площадь сечения колонны берутся из ГОСТ 8239-89 для двутавра № 20.

$$P = 789,6 \text{ мм - для случая 4-х стороннего обогрева колонны};$$

$$F = 2680 \text{ мм}^2;$$

$$\delta_{пр} = 3,4 \text{ мм.}$$

3) Определив критическую температуру конструкции $t_{кр} = 519 \text{ }^\circ\text{C}$, выбираем таблицу с ближайшим значением $t_{кр} = 500 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 17). Для заданного предела огнестойкости R 150 (150 мин. по таблице на рис. 17) стальной колонны с ПТМ 3,4 мм, удовлетворяющей исходным данным, толщина огнезащитного покрытия должна быть 50 мм (см. рис. 23).

ИЦ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ»

Свидетельство о
подтверждении компетентности

№ ИСОПБ ЮАБО. RU. ЭО. ПР. 086
Действителен от 07.12.2017

		ОГНЕЗАЩИТНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ											
		15	30	45	60	90	120	150	180	210	240		300
Приведенная толщина металла защищаемого элемента, мм	4	5,6	25	25	25	25	37,5	37,5	50	50	50	50	Толщина огнезащитного покрытия из плит ПНГФ при tкр=500 °
		5,5											
		5,4											
		5,3											
	5,2												
	5,1												
	5												
	4,9												
	4,8												
	4,7												
	4,6												
	4,5												
	4,4												
	4,3												
	4,2												
	4,1												
	4												
	3	3,9											
		3,8											
		3,7											
3,6													
3,5													
3,4													
3,3													
3,2													
3,1													
3													
2	2,9												
	2,8												
	2,7												
	2,6												
	2,5												

Рис. 23. Пример определения (по схеме из рис.17 Инструкции) необходимой толщины огнезащитного покрытия из плит гипсовых Гургос Fire марки ПНГФ стальной колонны с приведенной толщиной металла 3,4 мм для обеспечения заданного предела огнестойкости R 150 (150 мин. по таблице на рис. 17).

Исполнитель
Инженер-испытатель



А. А. Талызин

ИЦ «ОГНЕСТОЙКОСТЬ»

Свидетельство о
подтверждении компетентности

№ ИСОПБ ЮАБО. RU. ЭО. ПР. 086
Действителен от 07.12.2017