

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИНИМИЗАЦИИ  
УЩЕРБА ОТ ПОЖАРОВ  
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОГНЕСТОЙКОСТИ  
КОНСТРУКЦИЙ**

**«ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА СТРОИТЕЛЬНЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ»**

**Антонов Сергей Порфирьевич**

# АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ **ОГНЕСОХРАННОСТИ** СТАЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ



Около 1200 кв. м бетона было повреждено во время пожара при строительстве **моста ч/з бухту Золотой Рог**. Причина- **взрывообразное (хрупкое) разрушение бетона**  
Был осуществлен гидродемонтаж бетона

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЗАКОН



**ТЕХНИЧЕСКИЙ  
РЕГЛАМЕНТ  
О ТРЕБОВАНИЯХ  
ПОЖАРНОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ**

## Статья 5. Обеспечение пожарной безопасности объектов защиты

1. Каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности.
2. Целью создания системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты является предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и **защита имущества при пожаре**.
3. Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты включает в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты, комплекс организационно-технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

## Статья 2. Основные понятия

47) **устойчивость объекта защиты при пожаре** - свойство объекта защиты **сохранять конструктивную целостность и (или) функциональное назначение** при воздействии опасных факторов пожара и вторичных проявлений опасных факторов пожара;

# БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

## Правила обеспечения огнестойкости и огнесохранности

12.2 За огнесохранность железобетонной конструкции после пожара принимают такое ее состояние, при котором остаточная прочность или остаточные необратимые деформации обеспечивают работу несущих конструкций в соответствии с требованиями нормативных документов. Состояние огнесохранности конструкции позволяет обеспечивать ее ремонтпригодность без дополнительного конструктивного усиления или замены.

### Потери предварительного напряжения в арматуре при нагреве

8.47 При высокотемпературном нагреве во время пожара происходят дополнительные потери предварительного напряжения в арматуре от температурной усадки и ползучести бетона на уровне продольной арматуры, релаксации напряжений в арматуре при нагреве, разности температурных деформаций бетона и арматуры и снижения модуля упругости арматуры при нагреве.

Из формул (8.52) – (8.55) следует, что во время пожара от температурного воздействия происходит полная потеря предварительного напряжения в стержневой арматуре класса А600 при нагреве свыше 210 °С, класса А800 – свыше 220 °С, класса А1000 – свыше 350 °С, в проволочной арматуре классов Вр1200 – Вр1500 и канатной К1400, К1500 – свыше 330 °С.

13.3 При расчете огнесохранности следует учитывать частичное или полное восстановление прочностных свойств арматуры в зависимости от температуры нагрева при пожаре (коэффициенты условий работы арматуры в охлажденном состоянии после нагрева – в таблице 5.6).

В случае применения холоднодеформированной стержневой арматуры класса В500С современного способа производства необходимо учитывать, что в охлажденном состоянии после нагрева до 600 °С и свыше ее физико-механические характеристики не восстанавливаются. Расположение стержневой арматуры класса В500 в сечениях железобетонных элементов должно исключать ее нагрев при пожаре свыше 500 °С.

13.4 Для обеспечения огнесохранности предварительно напряженных железобетонных конструкций необходимо ограничивать нагрев предварительно напряженной арматуры не более 100 °С для исключения потерь предварительного напряжения.

13.2 Огнесохранность железобетонной конструкции после пожара следует обеспечивать в соответствии с разделом 12.

При этом критическую температуру нагрева ненапрягаемой арматуры принимают не выше 400 °С во избежание полной утраты сцепления арматуры с бетоном. Согласно опытным данным, при нагреве порядка 100 °С сцепление арматуры периодического профиля с бетоном уменьшается почти на 30 %, а при температуре 450 °С сцепление нарушается полностью. Следовательно, толщину защитного слоя бетона следует назначать с учетом сохранности сцепления арматуры с бетоном.

## ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ. ПРАВИЛА ОБСЛЕДОВАНИЯ ПОСЛЕ ПОЖАРА

СП 329.1325800.2017

Т а б л и ц а 5 – Характерные признаки категорий технического состояния стальных конструкций, подвергшихся воздействию пожара, их качественные и количественные определяющие параметры

Контролируемый признак	Качественные и количественные параметры признаков воздействия пожара на стальные конструкции для различных категорий их технического состояния			
	нормативное	работоспособное	ограниченно работоспособное	аварийное
Нагар	Легко очищаемый нагар и обгоревшая кромка	Присутствует	Нет	Твердая и хрупкая пленка серо-синего или черного цвета, участки с губчатой структурой (пережог стали). Оплавленные участки
Окалина	Нет	Трудно очищаемый слой окалины или отслаивающийся местами слой окалины	На поверхности толстый слой окалины	
Пережог	Нет	Нет	Нет	
Деформации, смещения, локальные механические повреждения	Деформаций основных элементов нет. Деформации второстепенных элементов незначительны и имеют локальный характер 	Конструкции мало деформированы, имеются: - местные искривления основных элементов; - деформации второстепенных элементов (разрывы элементов) элементов сечен на бо 	Конструкции сильно деформированы, имеются: - разрушение узлов и соединений; - разрывы по всему сечению или искривление на большой длине основных элементов 	Конструкции сильно деформированы, имеют: - изломы, надрывы; - оплавленные и пережженные участки. Разрушение отдельных конструкций или частей здания 

# 123-ФЗ. Статья 87. Требования к огнестойкости и пожарной опасности зданий, сооружений

9. **Пределы огнестойкости** и **классы пожарной опасности** строительных конструкций должны определяться в условиях стандартных испытаний по методикам, установленным нормативными документами по пожарной безопасности.

10. **Пределы огнестойкости** и **классы пожарной опасности** строительных конструкций, аналогичных по форме, материалам, конструктивному исполнению строительным конструкциям, прошедшим огневые испытания, могут определяться расчетно-аналитическим методом, установленным нормативными документами по пожарной безопасности.

## Статья 2. Основные понятия

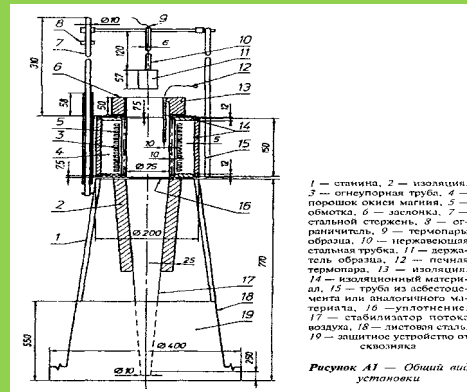
**11) класс конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков** - классификационная характеристика зданий, сооружений и пожарных отсеков, определяемая степенью участия строительных конструкций в развитии пожара и образованию опасных факторов пожара

**31) предел огнестойкости конструкции** (заполнения проемов противопожарных преград) - промежуток времени от начала огневого воздействия в условиях стандартных испытаний до наступления одного из **нормированных для данной конструкции** (заполнения проемов противопожарных преград) **предельных состояний**

# НЕМНОГО О КЛАССЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ



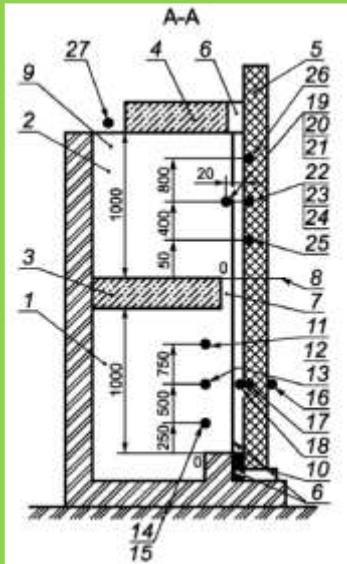
## ГОСТ 30244-94 "МАТЕРИАЛЫ СТРОИТЕЛЬНЫЕ. Методы испытаний на горючесть" (10 МИН)



5.2 Строительные материалы относят к негорючим при следующих значениях параметров горючести:

- прирост температуры в печи не более 50°C;
- потеря массы образца не более 50%;
- продолжительность устойчивого пламенного горения не более 10 с.

## ГОСТ 30403-2012 «КОНСТРУКЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫЕ. МЕТОД ИСПЫТАНИЯ НА ПОЖАРНУЮ ОПАСНОСТЬ» (45 МИН)



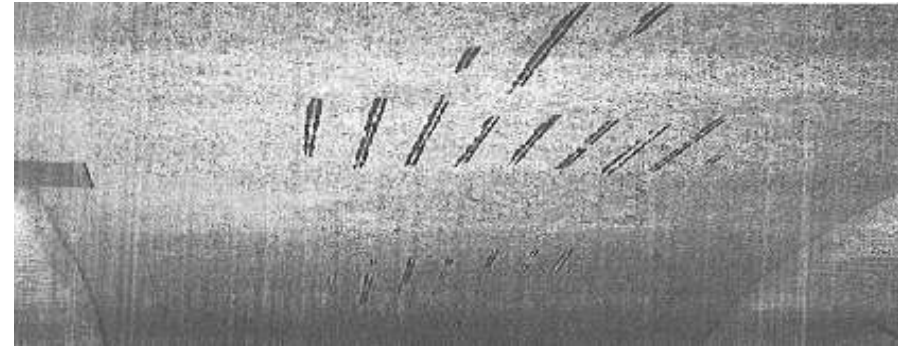
Класс пожарной опасности конструкции	Факторы риска пожарной опасности, устанавливаемые при испытании образцов конструкций		Дополнительные характеристики пожарной опасности конструкций				
	Дополнительный размер конструкции или образец испытующей и контролируемой зоны, мм	Наличие	Наличие		Группа		
	вертикальный	горизонтальный	тепловое воздействие	коррозия	коррозия	воздействие влаги	любые комбинации воздействий
R5	0	0	Осуществлено	Осуществлено	Осуществлено	Осуществлено	Осуществлено
R1	≥ 400	≥ 200	Не реализовывается	Осуществлено	Не выше Г2*	Не выше В2**	Не выше Д2**
R2	≥ 800 ≤ 1800	> 200 ≤ 500	Не реализовывается	Осуществлено	Не выше Г3*	Не выше В3**	Не выше Д3**
R3	Не реализовывается						

\* В зависимости от значения фактора риска — Знак «Г» обозначает, что при отсутствии теплового воздействия в период испытания не реализовывается.



# МОЖЕТ ЛИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННАЯ КОНСТРУКЦИЯ КЛАССА К0 И ДОКАЗАННОЙ ОГНЕСТОЙКОСТЬЮ ПОВЛИЯТЬ НА РАЗВИТИЕ ПОЖАРА И ОБРАЗОВАНИЕ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА ?

СЕРИЯ ОГНЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ РАБОЧИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ БЕТОНОВ, РФ 2015-21



# ПОТЕРЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОНСТРУКЦИЕЙ



# АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРЕДЕЛОВ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ



Атланта, США, 2017 г автомобильная эстакада. Обрушение секции эстакады через 40 минут после начала пожара. Видна оголившаяся арматура- результат взрывообразного (хрупкого) разрушения бетона

# ТЕПЕРЬ НЕМНОГО О МЕТОДАХ ИСПЫТАНИЙ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ...

## ГОСТ 30247.0-94 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ КОНСТРУКЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫЕ

### Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования

#### 4 СУЩНОСТЬ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ

Сущность методов заключается в определении времени от начала теплового воздействия на конструкцию в соответствии с настоящим стандартом до наступления одного или последовательно нескольких предельных состояний по огнестойкости с учетом функционального назначения конструкции.

#### 6 ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ

6.1 В процессе испытания и калибровки в испытательных печах должен быть создан стандартный температурный режим, характеризуемый следящей зависимостью:

$$T - T_0 = 345 \lg(8t + 1), \text{ } ^\circ\text{C}; (1)$$

## ГОСТ 30247.1-94 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ КОНСТРУКЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫЕ. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции

#### 7 Проведение испытаний

7.1 Условия проведения испытаний принимаются по **ГОСТ 30247.0**.

#### 7.2 Нагрузка

7.2.1 Образцы несущие и самонесущих конструкций должны испытываться под нагрузкой. Распределение нагрузки и условия опирания образцов должны соответствовать расчетным схемам, принятым в технической документации.

7.2.2 Испытательную нагрузку устанавливают из условия создания в расчетных сечениях образцов конструкций напряжений, соответствующих их проектным значениям или технической документации.

При установлении пределов огнестойкости конструкций в целях определения возможности их применения в соответствии с противопожарными требованиями нормативных документов (в том числе при сертификации) **следует применять методы, установленные настоящим стандартом.**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р  
53295—  
2009

## СРЕДСТВА ОГНЕЗАЩИТЫ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

### Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности

#### Приложение Б (рекомендуемое)

#### Б.1 Общие положения

Настоящий метод применяется для проведения огневого испытания стальной колонны с нанесенным средством огнезащиты при воздействии на нее статической нагрузки.

Целью испытания является получение экспериментальных данных о влиянии напряженно-деформированного состояния стальной конструкции на огнезащитную эффективность средства огнезащиты.

Для проведения данных испытаний нагрузка, форма образца, способ опирания и марка стали подобраны так, чтобы расчетная критическая температура колонны, при которой произойдет ее обрушение или достижение предельных деформаций, составляла не менее 500 °С. Таким образом, при одинаковом прогреве конструкций, время достижения предельного состояния колонны под нагрузкой должно быть не менее, чем при испытаниях колонны без нагрузки.

Настоящий метод не распространяется на определение пределов огнестойкости стальных конструкций с огнезащитой.

1.2. При установлении пределов огнестойкости конструкций в целях определения возможности их применения в соответствии с противопожарными требованиями нормативных документов (в том числе при сертификации) **следует применять методы, установленные настоящим стандартом.**

Прил. А-Определение **предельного состояния конструкций по потере несущей способности в зависимости от деформаций**

1 Для изгибаемых конструкций следует считать, что предельное состояние наступило, если

- **прогиб** достиг величины  $L/20$  или
- **скорость нарастания деформаций**

2. Для вертикальных конструкций предельным состоянием следует считать условие, когда **вертикальная деформация** достигает  $L/100$  или **скорость нарастания вертикальных деформаций** достигает 10 мм/мин для образцов высотой  $3\pm 0,5$  м

Пределы огнестойкости **конструкций**: -обрушение и предельная деформация конструкции R  
-потеря теплоизолирующей способности E  
-потеря целостности I.

п1.2. Стандарт применяют для:

- несущих, самонесущих и навесных стен и перегородок без проемов;
- покрытий и перекрытий без проемов с подвесными потолками (при применении их для повышения предела огнестойкости конструкции) или без них;
- колонн и столбов;
- балок, ригелей, элементов арок, ферм и рам, а также других **несущих и ограждающих конструкций**



**ГОСТ 30247.1-94. «Конструкции строительные. Методы испытания на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции».**

п.1. Область применения. Настоящий стандарт **не распространяется на определение пределов огнестойкости строительных конструкций с огнезащитой (хотя он и является обязательным!!!!)**

п.3.4 -огнезащитная эффективность: Показатель эффективности **средства огнезащиты**, который характеризуется **временем в минутах** от начала огневого испытания до достижения критической температуры **(500°C)**

Настоящий стандарт является нормативным документом по пожарной безопасности в области стандартизации и устанавливает общие требования к **средствам огнезащиты** для стальных конструкций, а также метод определения **огнезащитной эффективности этих средств.**



**ГОСТ 53295. «Средства огнезащиты стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности»**

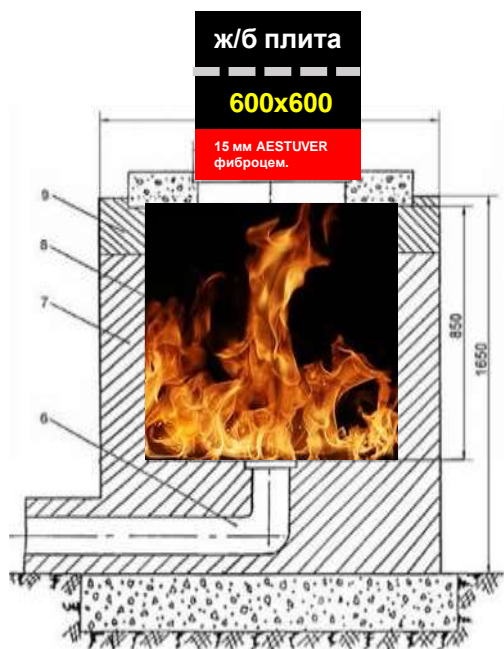
# СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ 2-Х ОГЗ ПЛИТ- НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ОГНЕ- ЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НА БЕТОНЕ

«Методика  
определения  
огнезащитной  
эффективности  
средств  
огнезащиты  
железобетонных  
конструкций  
автодорожных  
тоннельных  
сооружений»,  
ВНИИПО МЧС  
России

Критические  
температуры:

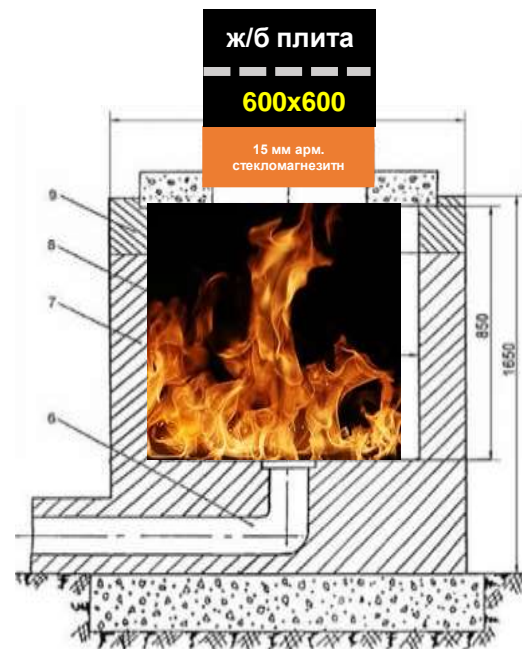
+500 град С - на  
бетоне

+300 град С - на  
арматуре



Пояснительная записка к  
протоколу испытаний № 1125/ИЦ-  
10, МООУ РСЦ «ОПЫТНОЕ»  
Средняя температура арматуры  
образца через **180 мин** после  
начала испытаний

**168,5 град С**



Пояснительная записка к  
протоколу испытаний № 306/ИЦ-  
15, МООУ РСЦ «ОПЫТНОЕ»  
Средняя температура арматуры  
образца через **180 мин** после  
начала испытаний

**171,6 град С**

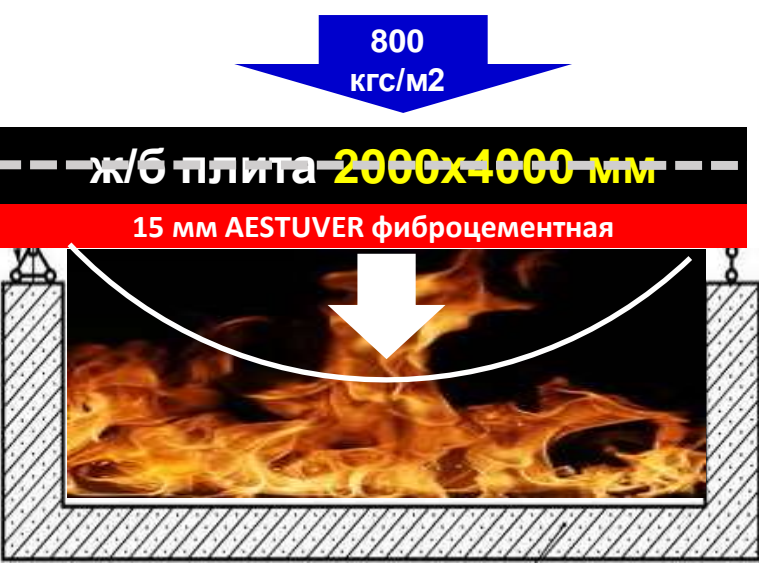
Огнезащитная  
эффективность  
обеих  
огнезащитных  
плит составила  
более 180 минут



Огнезащитная  
эффективность  
обеих  
огнезащитных  
плит составила  
более 180 минут

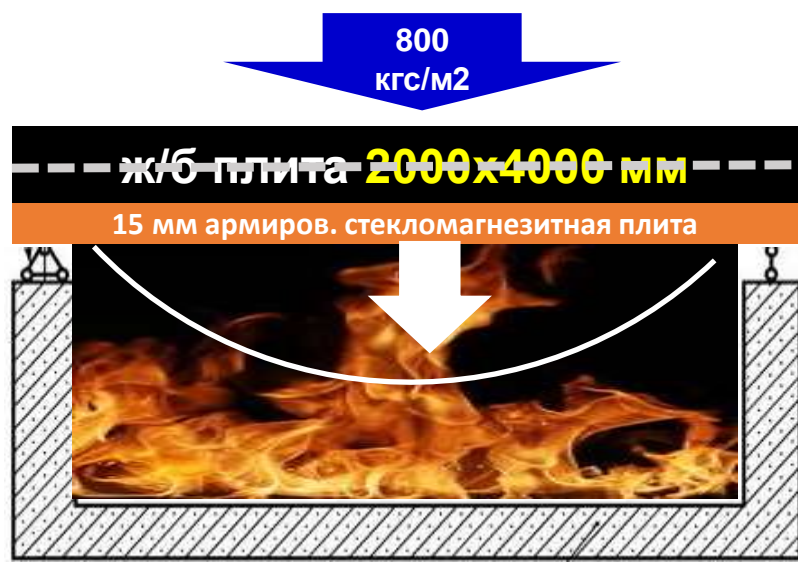
# СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ 2 ОГЗ ПЛИТ- НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КОНСТРУКЦИИ

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



Отчет об испытаниях на пожарную опасность. Огнестойкость железобетонной плиты перекрытия №12997. ФГБУ ВНИИПО МЧС России  
Время достижения образцами предельного состояния

**137 мин- R120**



Отчет об испытаниях на пожарную опасность. Огнестойкость железобетонной плиты перекрытия №12785. ФГБУ ВНИИПО МЧС России.  
Время достижения образцами предельного состояния

**115 мин- R90**

Огнезащитная эффективность обеих огнезащитных плит составила более 180 минут

Огнестойкость паспортная испытываемых железобетонных плит - R60

Ожидаемая огнестойкость железобетонных плит с огнезащитой

**R240 R240**





1. ОГНЕЗАЩИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ МОГУТ ИМЕТЬ  
ВЫСОЧАЙШУЮ ОГНЕЗАЩИТНУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ, НО ПРИ ЭТОМ  
ПРАКТИЧЕСКИ НЕ ПОВЫШАТЬ ОГНЕСТОЙКОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ !!!!!

2. ПОЭТОМУ В РОССИЙСКОМ ПРОТИВОПОЖАРНОМ  
ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ (В ГОСТах ПРИМЕНИТЕЛЬНО К  
ОГНЕЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ, ЧТО ТАКЖЕ БУДЕТ ПРИМЕНЕНО  
В ГОСТ к ТР-043 !!!) УКАЗАНО:

«**НАСТОЯЩИЙ СТАНДАРТ** (на определение огнезащитной  
эффективности покрытий) **НЕ РАСПРОСТРАНЯЕТСЯ НА  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ С ОГНЕЗАЩИТОЙ**»



УТВЕРЖДАЮ  
Начальник  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России  
доктор технических наук



Д.М. Гордиенко

2021 г.

Таблица 20

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

по оценке огнестойкости основных несущих стальных строительных конструкций галерей и перехода на объекте: "Проектирование и строительство многофункционального комплекса зданий Национального космического центра" по адресу: г. Москва, Филевский бульвар, ул. Новозаводская с учетом применения облицовок из плит "ПРОЗАСК Файерпанель." ТУ 23.61.11-001-01595455-2017 и огнезащитного покрытия "ПРОМИЗОЛ-МИКС ПРОПЛЕЙТ" ТУ 23.99.19-017-16223937-2017, а также других видов огнезащиты

Заместитель начальника  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

А.Ю. Лагозин

№ п/п	Наименование конструкции	Критическая температура, °С	ПТМ, мм для варианта 4-х стороннего огневого воздействия	ПТМ, мм для варианта 3-х стороннего огневого воздействия
<b>Галерея</b>				
2	Б2-двутавр 52	605	36,20	
3	Б3-двутавр 60	520	33,58	
6	К1- колонны 350x350x10	200	9,71	
14	Б-1 главная балка 70ШЗ	360		70

# 1. НУЖНО ДЕЛАТЬ ИСПЫТАНИЯ ПОД НАГРУЗКОЙ!

В соответствии с требованиями этой много кому непонятной таблицы

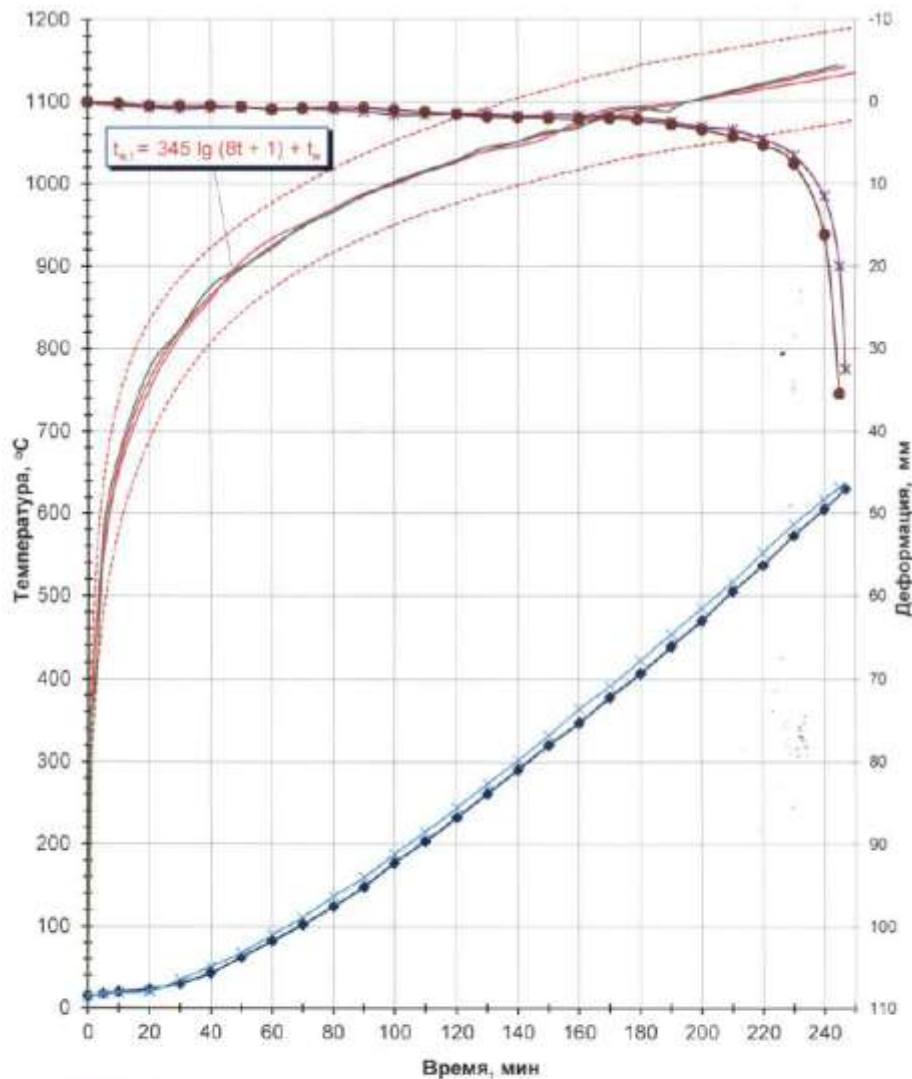
Таблица 21

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

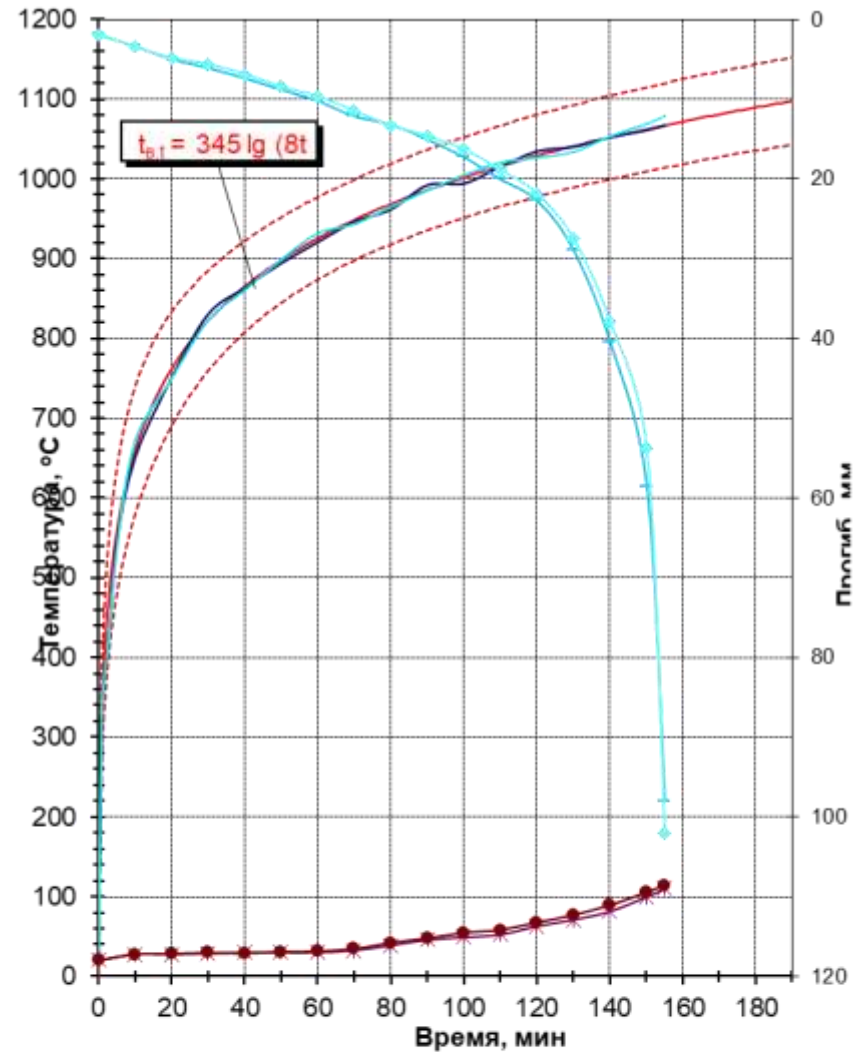
Степень огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков	Предел огнестойкости строительных конструкций						
	Несущие стены, колонны и другие несущие элементы	Наружные несущие стены	Перекрытия междуэтажные (в том числе чердачные и над подвалами)	Строительные конструкции бесчердачных покрытий		Строительные конструкции лестничных клеток	
				настилы (в том числе с утеплителем)	фермы, балки, прогоны	внутренние стены	марши и площадки лестниц
(в ред. Федерального закона <a href="#">от 10.07.2012 N 117-ФЗ</a> )							
I	R 120	E 30	REI 60	RE 30	R 30	REI 120	R 60
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 90	R 60
III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 60	R 45
IV	R 15	E 15	REI 15	RE 15	R 15	REI 45	R 15
V	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется

## 2. РЕШИТ ЛИ ЭТО ПРОБЛЕМУ МИНИМИЗАЦИИ УЩЕРБА?

СМОЖЕМ ЛИ МЫ ПО СЕРИИ ИСПЫТАНИЙ ПОД НАГРУЗКОЙ ОДИНОЧНЫХ КОЛОНН/БАЛОК ОПРЕДЕЛИТЬ, КАК ПОВЕДЕТ СЕБЯ В ЦЕЛОМ КОНСТРУКЦИЯ, СООРУЖЕНИЕ ПРИ, НАПРИМЕР, ТРЕХ ВАРИАНТАХ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ СИСТЕМ: СВЯЗЕВОМ, РАМНОМ И РАМНО-СВЯЗЕВОМ?



- $t_{s,t}$  - стандартная температурная кривая;
- верхняя и нижняя допустимые границы отклонения от  $t_{s,t}$ ;
- средняя температура среды в огневой камере печи, опыт № 1 (образец № 1);
- средняя температура среды в огневой камере печи, опыт № 2 (образец № 2);
- средняя температура на стальной колонне, образец № 1;
- +— средняя температура на стальной колонне, образец № 2;
- \*— вертикальная деформация стальной колонны, образец № 1;
- вертикальная деформация стальной колонны, образец № 2.



- $t_{s,t}$  - стандартная температурная кривая;
- верхняя и нижняя допустимые границы отклонения от  $t_{s,t}$ ;
- средняя температура среды в огневой камере печи, опыт № 1 (образец № 1);
- средняя температура среды в огневой камере печи, опыт № 2 (образец № 2);
- \*— средняя температура на необогреваемой поверхности опытного образца № 1;
- средняя температура на необогреваемой поверхности опытного образца № 2;



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**



**ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР «ПРОТИВОПОЖАРНАЯ  
ЗАЩИТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ»**

**[www.prozask.ru](http://www.prozask.ru)**

**Антонов Сергей Порфирьевич  
+7 903 1076152**