

СТАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА

АРСС

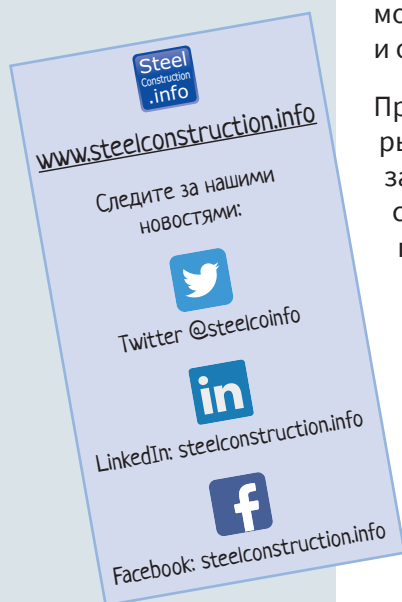
Ассоциация развития
стального строительства

Компания Tata Steel и Британская ассоциация производителей строительных металлоконструкций (BCSA) тесно сотрудничают в течение многих лет в целях эффективного применения строительных стальных конструкций. Данное сотрудничество способствует развитию базы знаний о стальном строительстве среди специалистов, участвующих в реализации проектов строительства.

Сталь является одним из самых популярных материалов, назначаемых для конструкций каркасов многоэтажных зданий в Великобритании, и на протяжении многих лет применяется для создания высококачественных и экономичных конструкций, обладающих экоустойчивостью. Сталь поддается переработке и может использоваться повторно, а также она имеет дополнительные преимущества, связанные с вопросами из области охраны здоровья и безопасности, скорости монтажа, качества, эффективности, инновационности, производства и обслуживания.

Производители строительных сталей стремятся держать участников рынка в курсе последних достижений в области противопожарной защиты строительных стальных конструкций или строительства зданий с высокими показателями устойчивого развития. В современных публикациях были представлены подробные рекомендации по маркировке CE и ее значения для строительного рынка. Оперативно проводятся консультации по всевозможным техническим вопросам в области стального строительства.

Популярный веб-сайт — www.steelconstruction.info — представляет собой бесплатную онлайн-энциклопедию по строительно-монтажным работам в Великобритании, содержащую большой объем актуальной и достоверной информации, легкодоступной для специалистов строительной отрасли.



Tata Steel Europe

Европейское подразделение компании Tata Steel является вторым по величине производителем стали в Европе. Располагая основными сталелитейными предприятиями в Великобритании и Нидерландах, компания поставляет сталь и оказывает сопутствующие услуги для строительной, автомобильной, упаковочной, погрузочной и добывающей, энергетической, аэрокосмической промышленности и других ресурсоемких отраслевых рынков по всему миру. Объединенная группа Tata Steel является одним из крупнейших в мире производителей стали с совокупным объемом производства сырой стали более 28 миллионов тонн и насчитывает примерно 80 000 сотрудников на четырех континентах.

Британская ассоциация производителей строительных металлоконструкций

BCSA — это национальная организация производителей стальных конструкций, компании-члены которой занимаются проектированием, изготовлением и монтажом стальных конструкций для всех видов объектов высотного и гражданского строительства. Ассоциированными членами являются основные компании, участвующие в непосредственной поставке всем или некоторым членам организации компонентов, материалов или продуктов. Корпоративными членами являются заказчики, профессиональные офисы, учебные заведения и т. д., которые поддерживают разработку национальных спецификаций, методов обеспечения качества, технологий изготовления и монтажа, повышение общей эффективности отрасли и развитие надлежащей практики.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Противопожарная защита зданий со стальным каркасом.....	4
Процесс проектирования.....	7
Определение предела огнестойкости	8
Введение.....	8
Англия и Уэльс: Утвержденный документ В	10
Шотландия: Техническое руководство 2.....	11
Северная Ирландия: Технический буклет E	11
BS 9999	12
Отраслевые правила пожарной безопасности	14
Одноэтажные здания.....	14
Парковки.....	14
Школы.....	15
Здания здравоохранения	16
Торговые центры	16
Противопожарная защита	17
Введение.....	17
Определение приведенной толщины металла.....	18
Незащищенная сталь	20
Огнезащита строительных стальных конструкций.....	21
Конструктивная огнезащита.....	21
Тонкослойные вспучивающиеся огнезащитные покрытия....	22
Плитные огнезащитные материалы.....	24
Частичная огнезащита	25
Заполнение бетоном стальных труб.....	25
Огнезащита сталежелезобетонных плит перекрытий.....	26
Пустоты между балкой и настилом	27
Применение стандартов пожарной безопасности.....	29
Упрощенная оценка комбинированных перекрытий	30
Кардингтонские огневые испытания	30
Последовательность проектирования	32
Обзор программы TSlab.....	33
Вывод	37
Оценка состояния стальных конструкций после пожара.....	39

ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ СО СТАЛЬНЫМ КАРКАСОМ

О поведении строительных стальных конструкций во время пожара известно больше, чем о любом другом строительном материале. Их эксплуатационные характеристики были определены в ходе серии полномасштабных испытаний на огнестойкость и не имеют аналогов среди других материалов. Поведение и свойства строительных стальных конструкций при пожаре также можно определить с помощью конечно-элементных моделей и других инструментов цифрового моделирования.

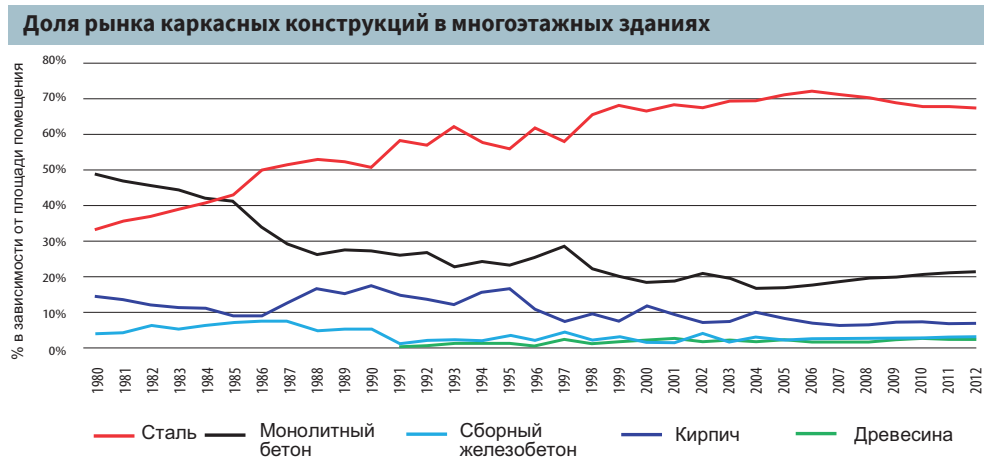
Определение требований к противопожарной защите строительных стальных конструкций здания является простым и понятным процессом, одинаковым для всех типов зданий.

Проблематика вопросов противопожарной защиты конструкций подробно изложена в настоящем документе - справочном пособии для проектировщиков различных специальностей.

Руководство также содержит ссылки на большой объем информации о строительных стальных конструкциях, доступной на веб-сайте www.steelconstruction.info, бесплатной энциклопедии по стальному строительству в Великобритании.



Здания со стальным каркасом традиционно составляют значительную долю рынка многоэтажных общественных зданий (около 70 %), а их экономические преимущества часто становятся ключевой причиной при выборе материала основных конструкций. Научные исследования производителей противопожарных систем позволили в последнее время значительно оптимизировать затраты на строительство зданий.



Steel Construction .info

www.steelconstruction.info

Интересные статьи:

- ПОЖАР И СТАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ
- СТОИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

(Ежеквартальное обновление от Gardiner & Theobald)



ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

По результатам научных исследований режимов огневого воздействия и поведения конструкций зданий в условиях пожара были разработаны аналитические методы определения требуемой огнестойкости конструкций. Это изменение стало существенным шагом в развитии строительной отрасли в целом, и в особенности для отрасли стального строительства, которой коснулась наибольшая часть исследований. Значительно вырос потенциал применения стальных конструкций за счет исключения необходимости проведения множественных натуральных огневых испытаний.

Проектирование пожарной безопасности — это специализированная дисциплина, которая сочетает оценку рисков при определении предела огнестойкости с моделированием конструкций методом конечных элементов для прогнозирования фактических характеристик конструкции и мер противопожарной защиты при пожаре. Чаще всего проектирование пожарной безопасности осуществляется в проектах зданий, для которых предписывающие положения в Утвержденном документе В, Техническом руководстве 2 и Техническом буклете Е, могут оказаться более строгими, чем это действительно необходимо. Большинство всех высотных и уникальных стальных зданий в Великобритании в настоящее время спроектированы с учетом аналитических подходов к проектированию пожарной безопасности.

Результатом проектирования пожарной безопасности является набор комплексных мер, предназначенных для достижения максимального эффекта от методов предотвращения, контроля или ограничения последствий пожара. При проектировании учитываются следующие факторы:

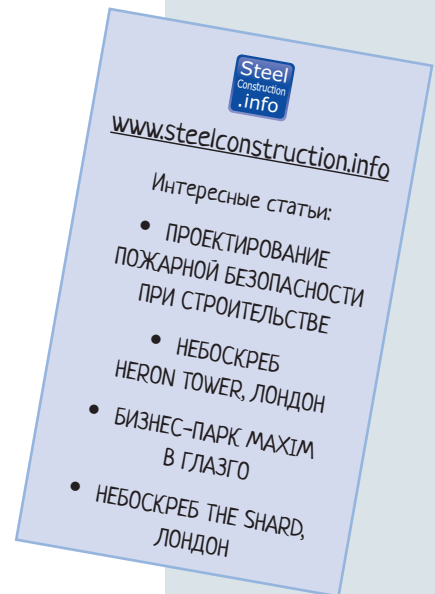
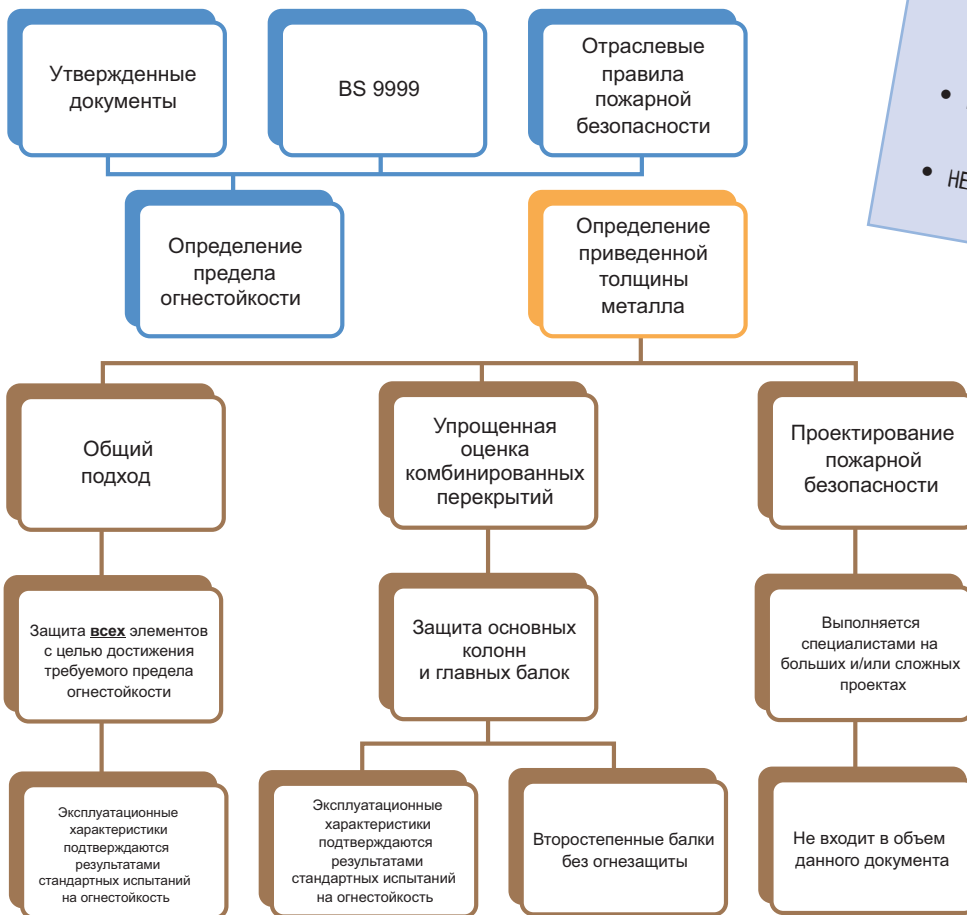
- средства предупреждения и эвакуации;
- распространение огня внутри помещения;
- поведение конструкции;
- распространение огня вне помещения;
- обеспечение доступа персонала и оборудования для пожарной охраны.



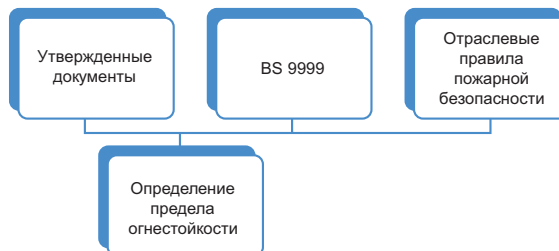
Процесс проектирования

Процедура определения требований к противопожарной защите строительных стальных конструкций имеет последовательность, состоящую из трех отдельных этапов:

1. Определение предела огнестойкости в соответствии с Утвержденными документами¹, BS 9999 или отдельными отраслевыми требованиями.
2. Определение значения приведенной толщины металла элементов стальных конструкций.
3. Обеспечение требуемого предела огнестойкости по требованиям:
 - а) общим для всех видов строительства.
 - б) упрощенного подхода к оценке огнестойкости сталежелезобетонных перекрытий.
 - в) проектирования пожарной безопасности.



¹ Термин «Утвержденные документы» в настоящем документе используется в качестве общего термина для упрощения текста, заменяя полную ссылку на Утвержденный документ В по строительным нормам в Англии и Уэльсе, Технический справочник 2 по строительным нормам (Шотландия) в Шотландии и Технический буклет E по строительным нормам (Северная Ирландия) в Северной Ирландии в каждом случае.



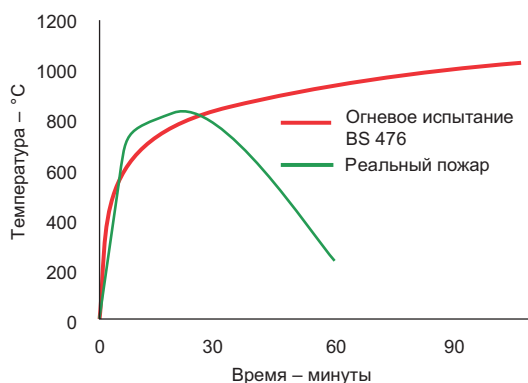
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ОГНЕСТОЙКОСТИ

Введение

Требуемая огнестойкость здания и, следовательно, каркаса определяется на основании предела огнестойкости и указывается в минутах (15, 30, 45, 60, 75, 90 или 120 минут).

Целью установления предела огнестойкости является гарантия того, что в случае пожара в здании несущая способность здания сохранится до тех пор, пока все люди не покинут его или им не будет оказана помощь в эвакуации.

Сравнение результатов испытания на огнестойкость и реального пожара



Фактический предел огнестойкости элемента конструкции или материала определяется путем его стандартного испытания на огнестойкость в соответствии с определением в стандартах BS 476-20 или BS EN 1363-1.

На графике видно, что характер изменения температуры нагревающей среды во времени при испытании по нормативным требованиям отличается от режима реальных пожаров.

Температура при стандартном режиме пожара быстро повышается, а затем постоянно растет. В условиях реального пожара, как только горючий материал (пожарная нагрузка) выгорает, огневое воздействие снижается или перемещается в пространстве. Движение огня в отсеке связано как с пожарной нагрузкой, так и с вентиляцией, которые не учитываются при

стандартном испытании на огнестойкость.

Результаты испытаний на огнестойкость выражаются в единицах времени до достижения одного или нескольких предельных состояний исследуемого материала/элемента. К таким состояниям относятся:

- несущая способность, т. е. способность нести нагрузку и сопротивляться обрушению конструкции;
- целостность, т. е. способность препятствовать распространению пламени/газов;
- изоляция, т. е. способность ограничивать температуру изолированных конструкций.

Некоторые несущие элементы здания должны сохранять при пожаре все три состояния, другие — два, а третьи — только одно. Для несущих колонн требуется только сохранение несущей способности.

Несущие перекрытия между двумя пожарными отсеками должны соответствовать всем трем критериям и, как правило, толщину перекрытия определяет требуемая огнестойкость, а не конструктивные требования.

Как видно из графика, прямой зависимости между стандартным пожарным испытанием и реальным пожаром нет. Огнестойкость — это не период времени, в течение которого конструкция сохраняет целостность при реальном пожаре, это стандартный показатель, который используется для последовательного сравнения эксплуатационных характеристик различных конструкций. Поэтому крайне маловероятно, что здания с элементами, испытанными на огнестойкость в течение 60 минут, обрушатся в условиях реального пожара продолжительностью 60 минут.

Огнестойкость — это не период времени, в течение которого конструкция сохраняет целостность при реальном пожаре, это стандартный показатель, который используется для последовательного сравнения эксплуатационных характеристик различных конструкций



www.steelconstruction.info

- Интересные статьи:
 - ИСПЫТАНИЕ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ
 - ТРЕБОВАНИЯ К ОГНЕСТОЙКОСТИ КОНСТРУКЦИЙ
 - ТРЕБОВАНИЯ К СПРИНКЛЕРАМ В НОРМАХ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВЕЛИКОБРИТАНИИ



Англия и Уэльс¹: Утвержденный документ В

Требования к огнестойкости конструкций в Утвержденном документе В для многоэтажных зданий зависят от функционального назначения и высоты здания. Следует отметить, что высота — это не общая высота здания, а расстояние от земли до последнего этажа.

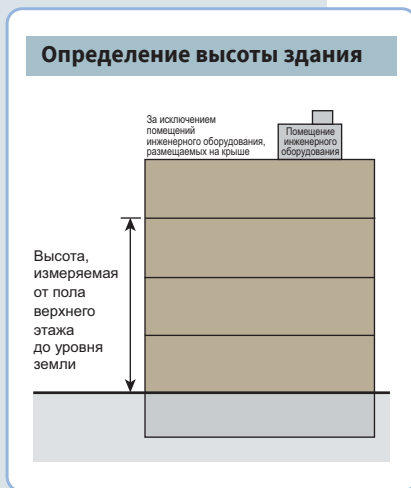
Требуемые пределы огнестойкости приведены в таблице А2. Их следует определять с учетом указанных примечаний и таблицы А1: Особые положения об испытании элементов конструкции на огнестойкость.

Различные значения высоты, указанные в таблице А2, могут показаться условными (5 м, 18 м и 30 м), однако они отражают выбор различного оборудования, необходимого пожарным службам для доступа в здание. Это еще раз подтверждает, что положения направлены на сохранение устойчивости конструкции с целью обеспечения безопасной эвакуации людей из здания.

Большинство многоэтажных нежилых зданий в Англии и Уэльсе имеют высоту в два, три или четыре этажа (≤ 18 м), и в основном относятся к офисам, магазинам, коммерческим или общественным зданиям. Это означает, что чаще всего в зданиях требуется обеспечение предела огнестойкости 60 минут.

Почти все здания высотой более 30 м должны быть оснащены системой спринклерного пожаротушения, устанавливаемой в соответствии с британскими стандартами. Наличие спринклерной системы пожаротушения может быть использовано для снижения требований к пределу огнестойкости конструкций на 30 минут в большинстве зданий высотой менее 30 м. Однако к этому прибегают крайне редко, так как стоимость спринклеров обычно превышает экономию средств при уменьшении предела огнестойкости с помощью пассивных систем противопожарной защиты.

В Утвержденных документах высота здания определяется высотой отметкой верхнего перекрытия



Утвержденный документ В — выдержка из таблицы А2

Целевая группа зданий	Минимальные пределы огнестойкости (минуты)			
	Высота верхнего этажа над землей			
	≤ 5 м	≤ 18 м	≤ 30 м	> 30 м
Офисные здания	30	60*	90*	
Магазины и коммерческие здания	60*	60	90*	
Общественные здания и спортивно-оздоровительные комплексы	60*	60	90*	более 120 спринклеров
Промышленные здания	60*	90*	120*	
Складские здания	60*	90*	120*	
Парковки — закрытые	30	60	90	
Парковки — открытые	15	15	15	60

* Сокращается на 30 минут при установке спринклеров

Для подвалов в зданиях, как правило, требуется предел огнестойкости в 60 минут, если глубина подвала составляет менее 10 м. Для подвалов глубиной более 10 м нормой является 90 минут.

¹ Полномочия по регулированию строительства были переданы Уэльсу 31 декабря 2011 года. Утвержденные документы, действующие на 31 декабря 2011 года для Англии и Уэльса, будут по-прежнему распространяться на Уэльс. Утвержденные документы для Уэльса будут публиковаться по мере пересмотра руководства и внесения изменений. Правительство Уэльса установило свой график пересмотра до 2014 года, однако Утвержденный документ В не был включен в него.

Шотландия: Техническое руководство 2

Требования к огнестойкости конструкций содержатся в Разделе 2.1.1 Шотландского технического руководства 2 для многоэтажных зданий.

Они зависят от высоты здания до потолка верхнего этажа, функционального назначения и площади противопожарного перекрытия. Согласно требованиям предел огнестойкости бывает коротким (30 минут), средним (60 минут) или длительным (120 минут). В отличие от Англии и Уэльса, где пределы огнестойкости в 120 минут обычно устанавливаются для зданий высотой более 30 м, в Шотландии он определяется для зданий любой высоты, если площадь противопожарного перекрытия достаточно велика. Наиболее существенным преимуществом спринклеров для пожаротушения является то, что допустимая площадь перекрытия может быть удвоена при установке в здании автоматической системы пожаротушения.

Требуемые пределы огнестойкости конструкций в подвалах составляют 60 или 120 минут. Они также зависят от площади перекрытия и не зависят от глубины подвала.

В Великобритании в требованиях норм преобладает предел огнестойкости в 60 минут или меньше

Техническое руководство 2 — огнестойкость в минутах				
Тип здания	Максимальная общая площадь любого пожарного отсека (м ²)	Минимальная требуемая огнестойкость		
		Отметка верхнего этажа здания		
		≤ 7,5 м	≤ 18 м	> 18 м
Офисные здания	2000*	Короткая	Средняя	Длительная
	4000*	Средняя	Средняя	Длительная
	8000*	Длительная	Длительная	Длительная
Магазины и коммерческие здания	500*	Короткая	Средняя	Длительная
	1000*	Средняя	Средняя	Длительная
	2000**	Длительная	Длительная	Длительная
Общественные здания и спортивно-оздоровительные комплексы	1500*	Короткая	Средняя	Длительная
	3000*	Средняя	Средняя	Длительная
	6000*	Длительная	Длительная	Длительная
Промышленные здания (класс 1)	500*	Средняя	Средняя	Длительная
	6000*	Длительная	Длительная	Длительная
Складские здания (класс 1)	200*	Средняя	Средняя	Длительная
	1000*	Длительная	Длительная	Длительная
Парковки — открытого типа	Неограниченная	Короткая	Короткая	Средняя

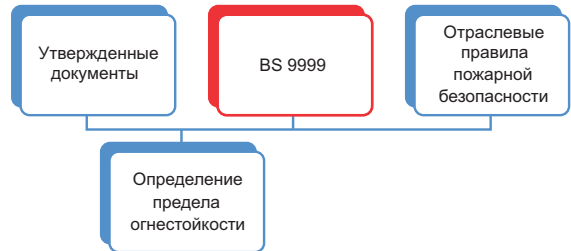
* Площадь может быть увеличена вдвое при установке спринклеров

** Площадь не ограничена при установке спринклеров

Северная Ирландия: Технический буклет E

Требования к огнестойкости конструкций приведены в таблице 4.2 Технического буклета E для многоэтажных зданий. В целом они такие же, как и в Утвержденном документе B, и зависят от высоты и функционального назначения здания.

Главным исключением является то, что требование об установке спринклеров в многоквартирных домах высотой более 30 м, относительно недавно введенное в Англии и Уэльсе, еще не было реализовано в Северной Ирландии.



BS 9999

Стандарт BS 9999 признан местными органами власти и другими утвержденными контрольными органами в качестве дополнения к Утвержденным документам.

Таким образом, в таблице 25 стандарта BS 9999 определены пределы огнестойкости, идентичные пределам, указанным в Утвержденном документе В, в зависимости от высоты и функционального назначения здания.

Однако, в то время как в Утвержденных документах принят стандартный, директивный подход для всех зданий, стандарт BS 9999 позволяет проектировщикам использовать рискориентированный подход для определения предела огнестойкости своего здания. Он представлен в логичной и простой форме, которая шаг за шагом проводит проектировщиков через процесс проектирования. Поэтому данный подход не требует специальных знаний проектирования пожарной безопасности.

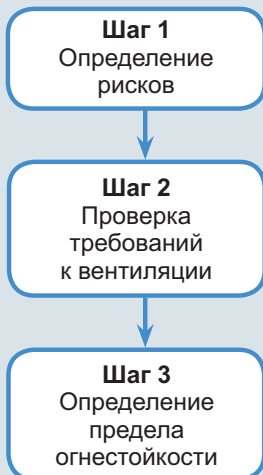
Использование метода оценки рисков по BS 9999 может привести к снижению требуемого предела огнестойкости

BS 9999 — таблица 25

Степень загрузки	Тип зданий	Минимальные пределы огнестойкости (в минутах)			
		Высота занимаемого верхнего этажа над уровнем доступа			
		≤ 5 м	≤ 18 м	≤ 30 м	> 30 м
A	Офисные здания	30	60*	90*	
B	Магазины и коммерческие здания	60*	60	90*	более 120 спринклеров
B	Общественные здания: стандартный уровень опасности	60*	60	90*	
A	Промышленные здания: стандартный уровень опасности	60*	90*	120**	более 90 спринклеров
A	Складские помещения: низкий уровень опасности	30	60*	90*	более 60 спринклеров
A	Парковки — закрытого типа	30	60	90	120
A	Парковки — открытого типа	15	15	30	30

* Сокращается на 30 минут при установке спринклеров

** Сокращается на 60 минут при установке спринклеров



Шаг 1 — определение рисков. Зависит от функциональности (А, В или С) и скорости распространения пожара (1, 2, 3 или 4), которые в совокупности представляют профиль рисков (А2, В3 и т. д.). В таблице 2 приведена степень загрузки, в таблице 3 — скорость распространения пожара, а в таблице 4 — получаемые профили рисков.

В таблице 5 приведены примеры рисков, применимых для большинства типов зданий, на которые можно ориентироваться при оценке. В стандарте BS 9999 различные типы зданий перечислены в алфавитном порядке, но здесь они представлены в порядке возрастания риска.

BS 9999 — выдержка из таблицы 5

Риск	Загруженность
A2	Офис (открытой планировки площадью более 60 м ²)
A2	Классная комната
A2/A3	Производственная зона завода
A2/A3/A4	Складское помещение
A3	Цех
B2	Офис (закрытой планировки или офис площадью менее 60 м ²)
B2	Зал или торговый центр
B3	Торговый зал магазина

Шаг 2 заключается в проверке соблюдения требований к вентиляции, указанных в таблице 27, чтобы таблицу 26 можно было использовать для определения предела огнестойкости. (Если требования таблицы 27 не выполняются, то проектировщик должен использовать таблицу 25.) Ожидается, что большинство зданий будут соответствовать этим требованиям к вентиляции.

BS 9999 — таблица 27

Степень загрузки	Тип зданий	Условия вентиляции для применения таблицы 26	
		Минимальная предполагаемая площадь в процентах от площади перекрытия %	Высота проема в процентах от высоты отсека (т. е. от пола до потолка) %
A	Офисные здания	5	30–90
B	Магазины и коммерческие здания	5	50–100
B	Общественные здания: стандартный уровень опасности	2,5	30–80
A	Промышленные здания: стандартный уровень опасности	2,5	30–80

Применение стандарта BS 9999 для определения предела огнестойкости означает необходимость соблюдения всех требований стандарта в части пожарной безопасности

Шаг 3 заключается в определении предела огнестойкости по таблице 26. Предел огнестойкости зависит от высоты здания и степени риска.

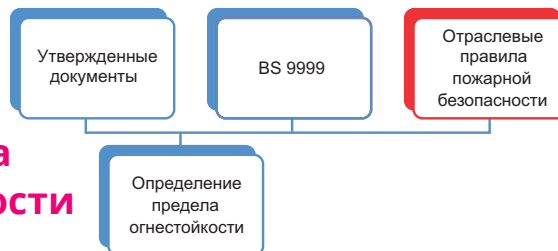
BS 9999 — таблица 26

Степень риска	Минимальные пределы огнестойкости (в минутах)					
	Высота эксплуатируемого верхнего этажа над уровнем доступа					
	≤ 5 м	≤ 11 м	≤ 18 м	≤ 30 м	≤ 60 м	> 60 м
A2	30 ^{D)}	30	60	90	более 120 спринклеров*	более 150 спринклеров*
A3	60	60	90	120	более 300 спринклеров*	более 300 спринклеров*
B2	30	30	60	75	более 90 спринклеров*	более 120 спринклеров*
B3	30	45	75	105	более 135 спринклеров*	более 180 спринклеров*

D) Сокращается до 15 минут, если площадь первого этажа составляет менее 1000 м²

* Спринклеры должны быть установлены во всех зданиях высотой > 30 м (Раздел 31.2.2)

Легко не заметить значение сноски D) для зданий с степенью риска A2 и высотой в два этажа, согласно которой предел огнестойкости сокращается до 15 минут для зданий с площадью первого этажа < 1000 м². Степень риска A2 распространяется на такие здания, как офисы с открытой планировкой, а предел огнестойкости в 15 минут означает, что стальные конструкции, вероятно, не защищены (см. раздел «Незащищенная сталь»). Однако следует отметить, что хотя классные комнаты относятся к профилю рисков A2, предел огнестойкости регулируется требованиями Строительного бюллетеня 100 (см. раздел «Отраслевые правила пожарной безопасности»).



Отраслевые правила пожарной безопасности

Одноэтажные здания

Огнестойкость конструкций (и, следовательно, противопожарная защита) зачастую не назначается для одноэтажных зданий, поскольку в Разделе 7.4 Утвержденного документа В (Англия и Уэльс) они рассматриваются как конструкции, несущие только кровлю. Исключения составляют случаи, когда элемент конструкции обеспечивает несущую способность или устойчивость таких элементов, как:

- межквартирная стена;
- перегородка или стена вдоль пути эвакуации;
- наружная стена, которая должна сохранять устойчивость для предотвращения распространения огня на соседние здания (т. е. условие для межквартирных стен). Стена должна соответствовать не только требуемому пределу огнестойкости, но и требованиям к изоляции и целостности;
- опора галереи или покрытия, которая также выполняет функцию перекрытия (например, парковка или пути эвакуации).

Несмотря на то, что для одноэтажных зданий может потребоваться противопожарная защита, если страховая компания или владелец сочтут это необходимым, обычно она назначается только при наличии межквартирных стен. В этом случае, согласно Утвержденным документам предполагается, что проектировщик будет следовать подходу, описанному в Руководстве P313 Британского института стальных конструкций (SCI) — Одноэтажное здание со стальным каркасом в условиях пожара по периметру.

Наиболее распространенной каркасной системой для одноэтажных нежилых зданий является рамный каркас. Руководство SCI P313 содержит описание метода проектирования, согласно которому противопожарная защита предусмотрена только для колонн межквартирных стен при условии, что базы колонн были спроектированы таким образом, чтобы сопротивляться опрокидывающим моментам и усилия, вызванным обрушением незащищенных частей здания в случае пожара.

Парковки

Парковки могут быть открытыми и другого типа.

Открытые парковки располагаются на поверхности земли и имеют большие проемы в фасаде для естественной вентиляции. Парковка считается открытой, если ее общая площадь вентиляционных проемов составляет не менее 1/20 общей площади, из которых не менее половины должны располагаться между двумя противоположными стенами. Такие парковки признаны представляющими относительно низкий риск для жизни и, как правило, должны иметь предел огнестойкости всего 15 минут для конструкций высотой < 30 м (< 18 м в Шотландии²). 15-минутный предел огнестойкости обычно достигается при использовании незащищенной стали.

Для одноэтажных зданий, как правило, требуемая огнестойкость назначается только для наружных стен



www.steelconstruction.info

Интересные статьи:

- ОДНОЭТАЖНЫЕ ЗДАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПОЖАРА ПО ПЕРИМЕТРУ ЗДАНИЯ
- ПАРКОВКИ ПРИ ПОЖАРЕ

² Следует отметить, что в Разделе 2.1.1 Шотландского технического руководства 2 говорится, что для открытых парковок высотой до 18 м предел огнестойкости должен составлять 30 минут (предел, определяемый как «короткий»). Однако преимущественную силу имеют данные в Разделе 2.D.3.

Требования по огнезащите стальных конструкций в зданиях открытых парковок:

- если один элемент конструкции является опорой или обеспечивает устойчивость другому элементу, огнестойкость несущего элемента должна быть не меньше минимального предела огнестойкости поддерживаемого элемента (независимо от того, является ли этот другой элемент несущим). Примером может служить колонна, которая обеспечивает общую устойчивость каркасу открытой парковки, а также стене пожарного отсека, окружающей лестницу аварийной эвакуации. В этом случае несущая колонна должна иметь такую же огнестойкость, как и стена пожарного отсека;
- если устойчивость каркаса пожарного отсека, не являющегося по функциональному назначению открытой парковкой, обеспечивается соседним пожарным отсеком – открытой парковкой, то огнестойкость конструкций открытой парковки должна быть не меньше минимального предела огнестойкости соседнего пожарного отсека.

Предел огнестойкости для других парковок, как правило, соответствует требованиям для общественных зданий той же высоты.

Конструкции
открытых парковок
обычно не требуют
огнезащиты

Школы

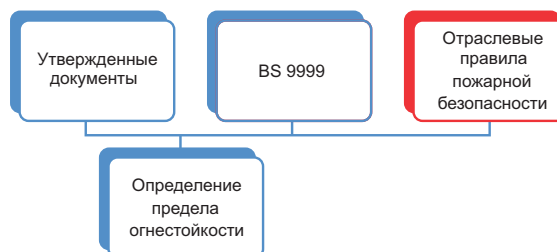
В таблице A2 Строительного бюллетеня 100 содержатся рекомендации по пределам огнестойкости для школ в Англии и Уэльсе.

Строительный бюллетень 100 — таблица A2

	Минимальные пределы огнестойкости (в минутах)		
	Цокольный этаж (в том числе перекрытие) глубиной не более 10 м	Цокольный или верхний этаж: высота (м) верхнего этажа над землей, в здании или отдельной части здания	
		Не более 5	Не более 18
Без спринклеров	60	60	60
Со спринклерами	60	30	60

Вариант строительства без спринклеров в таблице указан для информации, так как по указанию Департамента образования все новые школы будут оснащены спринклерами. Это связано с тем, что примерно в 1 из 20 школ ежегодно происходит пожар, причем почти в 60 % случаев пожары начались с преднамеренного поджога.

Рекомендации также описаны в публикации правительства Шотландии «Пожарная безопасность в школах». Однако данный документ не влияет на предел огнестойкости, выходящий за пределы требований Технического руководства 2.



Здания здравоохранения

Методическое руководство и рекомендации по зданиям здравоохранения в Англии и Уэльсе приведены в Техническом меморандуме по здравоохранению НТМ 05-02. В нем содержатся рекомендации по проектированию средств противопожарной защиты в новых зданиях здравоохранения и основных пристройках. Требуемый предел огнестойкости указан в таблице 2 НТМ 05-02.

Специальные приложения 2А и 2В к Техническому руководству 2 содержат рекомендации для зданий здравоохранения в Шотландии.

НТМ 05-02 таблица 2: огнестойкость элементов конструкции

	Минимальный предел огнестойкости	
	Без спринклеров	Со спринклерами
Одноэтажные здания здравоохранения	30 минут	30 минут
Здания здравоохранения высотой до 12 м над землей или подвалы глубиной не более 10 м	60 минут	30 минут (60 минут для подвалов)
Здания здравоохранения высотой более 12 м над землей или подвалами глубиной более 10 м	90 минут	60 минут
Здания здравоохранения высотой более 30 м	120 минут	90 минут

Торговые центры

Следует отметить, что положения, приведенные в Разделе 11.7 Утвержденного документа В относительно помещений отдельных магазинов, могут не распространяться на магазины, являющиеся частью торгового комплекса. Таким образом, в Утвержденном документе указано, что для обеспечения удовлетворительного уровня пожарной безопасности в торговых комплексах необходимы альтернативные средства и дополнительные компенсационные меры. Такие средства описаны в Разделах 5 и 6 стандарта BS 5588-10. Согласно требованиям стандарта предел огнестойкости элементов конструкций должен составлять 120 минут, а для обеспечения безопасности должна быть установлена система спринклерного пожаротушения.

ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА

Введение

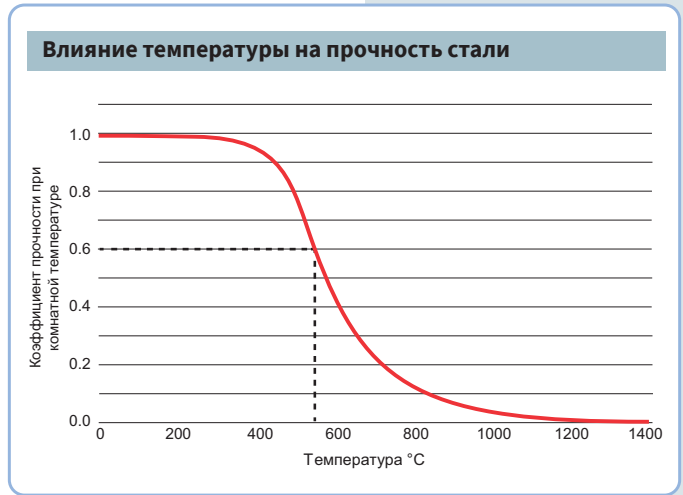
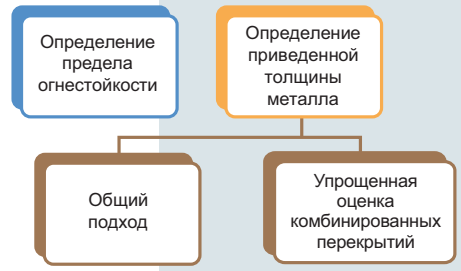
Предельная нагрузка при пожаре — это аварийная нагрузка, поэтому для нее назначаются более низкие коэффициенты запаса, чем в условиях нормальной эксплуатации. Если рассматривать исключительно приложенную нагрузку, то элемент со 100%-й несущей способностью при стандартных коэффициентах запаса, как правило, будет иметь только 60 % несущей способности с примененными коэффициентами нагрузки аварийного состояния.

Таким образом, любая назначенная противопожарная защита должна обеспечивать несущую способность стальных конструкции не менее 60 % от условий нормальной эксплуатации

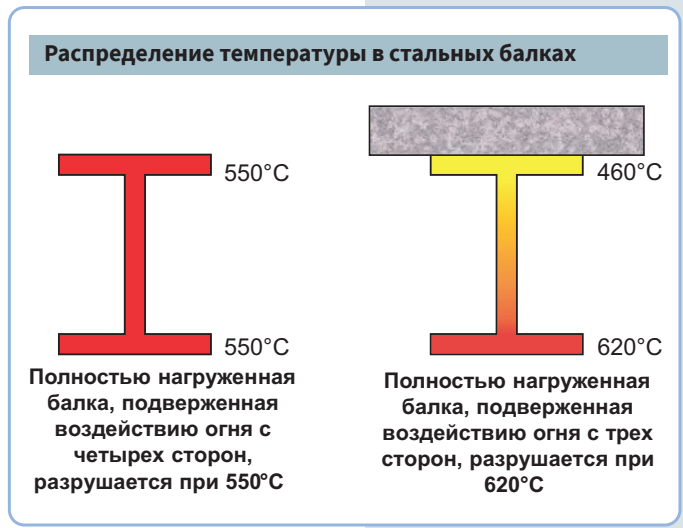
Все материалы теряют прочность при нагревании. Выше показан график зависимости прочности от температуры для стали. Для обеспечения 60%-й прочности стальных конструкций и, следовательно, обеспечения устойчивости здания, температура стальных конструкций не должна превышать 550 °С. Соответственно, конструкция противопожарной защиты определяется по этой предельной температуре для элементов, подверженных воздействию огня с четырех сторон.

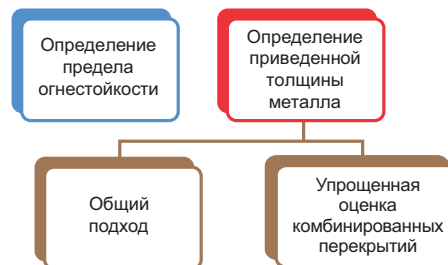
Для балки, несущей железобетонную плиту, характер нагрева отличается от четырехстороннего воздействия огня. Испытания показали, что предельная температура для балок, защищенных железобетонной плитой с одной стороны, составляет 620 °С.

Это повышение температуры достигается за счет того, что эффект отвода тепла железобетонной плиты снижает температуру стальной части перекрытия. Когда более нагретая часть сечения достигает температуры 550 °С, она пластически деформируется и передает нагрузку на менее нагретую часть сечения, которая пока находится в упругом состоянии. При дальнейшем повышении температуры нагрузка переносится из нагретой части под действием пластической податливости, пока в конечном итоге нагрузка в холодной части не становится настолько высокой, что разрушает элемент при 620 °С. Таким образом, выбор конструкции противопожарной защиты основан на предельной температуре для балок, поддерживающих железобетонную плиту, которая в свою очередь может подвергаться воздействию огня с трех сторон.



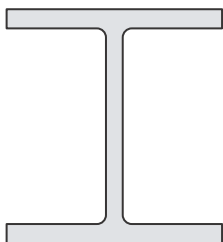
Предельная температура для элементов, нагретых с четырех сторон, равна 550 °С. Предельная температура для балок, несущих плиту перекрытия, равна 620 °С





Определение приведенной толщины металла

Низкая приведенная толщина металла
Медленный нагрев

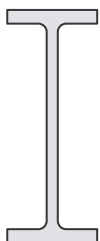


Приведенная толщина металла отражает скорость нагрева элемента, что является ключевым фактором при определении огнестойкости стальных конструкций. Форма элемента определяет время, необходимое для достижения точки разрушения или предельной температуры, и варьируется в зависимости от относительных размеров элемента. Например, тяжелое сечение будет нагреваться медленнее, чем легкое. Этот эффект количественно определяется значением приведенной толщины металла.

Приведенной толщиной металла называется соотношение A/V в стандарте BS EN 1993 и соотношение Hr/A в стандарте BS 5950, однако значение одинаково для обоих случаев

Приведенная толщина определяется по-разному в стандартах BS EN 1993-1-2 и BS 5950-8, при этом значение одинаково в обоих случаях. Соотношение A/V стандарта BS EN 1993-1-2 чаще встречается в современной литературе, хотя в стандарте BS 5950-8 иногда все еще можно увидеть соотношение Hr/A .

Высокая приведенная толщина металла
Быстрый нагрев



В стандарте BS EN 1993-1-2 показатель определяется как площадь поверхности элемента на единицу длины (A_m), разделенная на объем на единицу длины (V). Единицы измерения — m^{-1} . Терминология стандарта BS 5950-8, возможно, проще для понимания, поскольку определяет приведенную толщину металла как нагреваемый периметр открытого поперечного сечения (Hr), разделенный на общую площадь поперечного сечения (A). Оба подхода дают одинаковое значение для сечений постоянной площади поперечного сечения.

Коэффициенты сечения варьируются от $25 m^{-1}$ для больших сечений до $300 m^{-1}$ и более для небольших тонких сечений.

Несмотря на то, что приведенную толщину металла можно легко рассчитать, обычно для определения этого параметра профилями UKB, UKC, UKPFC, UKA или UKT обращаются к сортаменту сечений в *Advance Section Property Brochure* или электронной Синей книге eBlue Book. Приведенная толщина металла также зависит от типа огнезащиты - конструктивной из плитных материалов, или краски, а также от того, контактирует ли балка с плитой перекрытия.

В тех случаях, когда стальное сечение частично защищено от огня, например, часть колонны встроена в стену, приведенную толщину металла следует рассчитывать вручную, поскольку справочные таблицы не учитывают подобную схему расположения конструкций. Процедура вычислений достаточно проста, а пример расчета можно найти в онлайн-статье о расчете приведенной толщины металла.

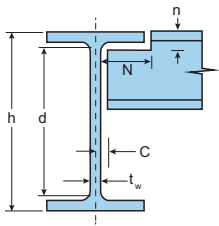


www.steelconstruction.info

Интересные статьи:

- РАСЧЕТ ПРИВЕДЕННОЙ ТОЛЩИНЫ МЕТАЛЛА
- СПРАВОЧНИК "СИНЯЯ КНИГА"

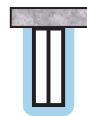
фрагмент из таблиц со свойствами сечений Advance® Section Property



УКВ

Обозначение

Соотношение A/V (м³)



Размеры	Соотношение A/V (м ³)			
	Профиль 3 стороны	Профиль 4 стороны	Коробка 3 стороны	Коробка 4 стороны
457 x 191	161	75	85	65
	133	90	100	80
	106	110	125	100
	98	120	135	105
	89	130	145	115
	82	140	160	125
	74	155	175	135
	67	170	190	150

Следует отметить, что перфорированные балки могут разрушаться при пожаре по разнообразным сложным сценариям. Исследования в этой области проводились Ассоциацией специалистов по противопожарной защите (ASFP) и производителями противопожарной защиты. В сотрудничестве с SCI ASFP разработала конструктивные модели балок с круглыми и прямоугольными отверстиями.

Эти модели позволяют рассчитать предельную температуру в зависимости от геометрии балки и нагрузки. Это можно использовать для определения правильной толщины противопожарной защиты для требуемого предела огнестойкости на основе приведенной толщины металла, рассчитанной по формуле:

$$1400/t,$$

где t — толщина стенки в мм (если толщина стенки варьируется, то это толщина нижней стенки)

Для всех типов сечений низкая приведенная толщина металла может привести к снижению толщины противопожарной защиты для достижения такой же огнестойкости. Если требуется несколько слоев противопожарной защиты, иногда будет более экономичным сократить приведенную толщину металла за счет увеличения веса стального элемента для достижения требуемой огнестойкости с однослойным покрытием. Незначительное увеличение веса можно компенсировать снижением затрат на противопожарную защиту путем применения одного слоя защиты взамен нескольких.

Определив приведенную толщину металла, проектировщик может затем оценить тип защиты (если она требуется), для достижения необходимого предела огнестойкости.

Там, где требуется несколько слоев противопожарной защиты, иногда более экономичным решением станет сокращение приведенной толщины металла за счет увеличения сечения стального элемента и применения одного слоя огнезащиты

Steel Construction .info
www.steelconstruction.info
 Рекомендуемая ссылка:
 • ЖЕЛТАЯ КНИГА ASFP СОДЕРЖИТ ПОДРОБНЫЕ ИНСТРУКЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ И ДОСТУПНА ДЛЯ БЕСПЛАТНОГО СКАЧИВАНИЯ

Согласно
Утвержденным
документам
незащищенная сталь
сохраняет огнестойкость
в течение
15 минут

Незащищенная сталь

Согласно Утвержденным документам, горячекатаный стальной прокат и трубы при полной расчетной нагрузке должны сохранять огнестойкость в течение 15 минут, если эти элементы соответствуют следующим критериям:

- балки, поддерживающие бетонные перекрытия, — приведенная толщина металла <math>< 230 \text{ м}^{-1}</math>.
- сечения с обогревом с четырех сторон (колонны) — приведенная толщина металла <math>< 180 \text{ м}^{-1}</math>.
- связи — приведенная толщина металла <math>< 210 \text{ м}^{-1}</math>. (Примечание: связи требуют противопожарной защиты только в том случае, если они обеспечивают устойчивость здания для безопасной эвакуации при пожаре. Поэтому в одноэтажных постройках часто нет необходимости в противопожарной защите связей)

Этим критериям соответствует подавляющее большинство горячекатаных строительных профилей. Сечениям, не соответствующим указанным критериям по приведенной толщине металла, допускается назначать огнестойкость 15 минут, если они имеют низкий коэффициент нагружения. Предельные величины этих коэффициентов приведены в таблицах ниже для проектирования по стандарту BS 5950-8.

Максимальный коэффициент нагрузки сечения UKB при 15-минутном пределе огнестойкости

Размер сечения	Приведенная толщина металла (A/V)	Максимальный коэффициент нагрузки ¹ ; некомбинированное сечение	Максимальный коэффициент нагрузки при полном объединении с балок с плитами в комбинированных сечениях
127x76UKB13	280 м ⁻¹	0,53	0,41
152x89UKB16	270 м ⁻¹	0,53	0,41
178x102UKB19	260 м ⁻¹	0,55	0,43
203x102UKB23	235 м ⁻¹	0,64	0,5
203x133UKB25	245 м ⁻¹	0,54	0,42
254x102UKB22	280 м ⁻¹	0,47	0,37
254x102UKB25	250 м ⁻¹	0,58	0,45
305x102UKB25	280 м ⁻¹	0,49	0,38
305x102UKB28	250 м ⁻¹	0,59	0,47
356x127UKB33	250 м ⁻¹	0,59	0,46
406x140UKB39	240 м ⁻¹	0,59	0,46

Максимальный коэффициент нагрузки сечения UKC при 15-минутном пределе огнестойкости

Размер сечения	Приведенная толщина металла (A/V)	Гибкость	Максимальный коэффициент нагрузки
152UKC23	305 м ⁻¹	81	выбрать следующий тип сечения в сортаменте
152UKC30	235 м ⁻¹	78	0,36
152UKC37	195 м ⁻¹	77	0,45
203UKC46	200 м ⁻¹	58	0,51



www.steelconstruction.info

Интересная статья:

- ОГНЕЗАЩИТА СТАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

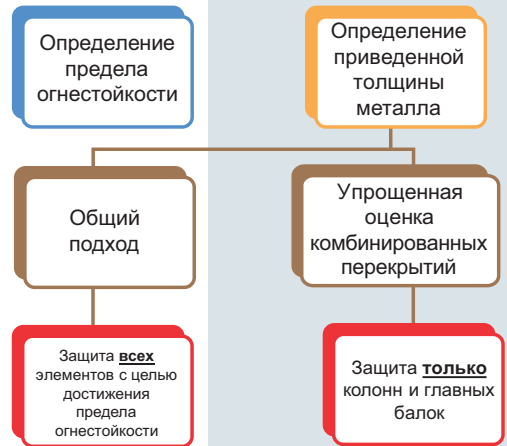
Огнезащита строительных стальных конструкций

Конструктивная огнезащита

На графике ниже показана доля рынка противопожарной защиты в Великобритании за последние 20 лет. Особое внимание следует обратить на рост популярности применения тонкослойных вспучивающихся огнезащитных покрытий в зданиях со стальным каркасом. Их доля на рынке выросла с 20 % в 1992 году до 75 % в 2012 году.

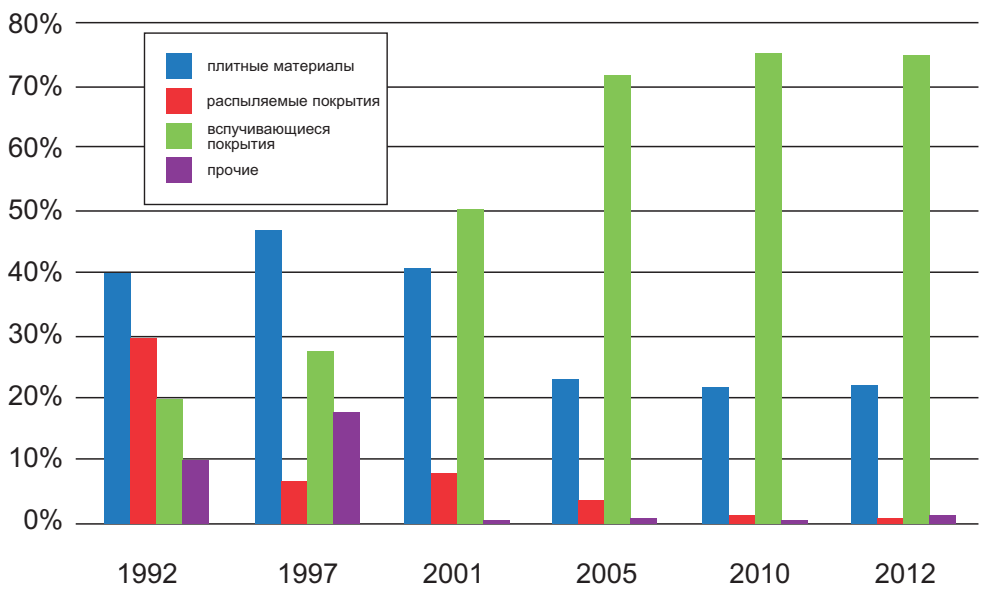
Динамика развития отрасли стала следствием непрерывного развития в области исследований вспучивающихся огнезащитных покрытий. Технология продолжает развиваться, и доступные сегодня материалы более эффективны и гораздо экономичнее, чем те, что были доступны 20 лет назад. Это привело к тому, что современные затраты на огнезащиту составляют лишь малую часть от затрат в 1990-х годах. Увеличению доли рынка вспучивающихся огнезащитных покрытий также способствовало развитие методов нанесения красок в заводских условиях, что составляет 20 % от общей доли рынка вспучивающихся покрытий (75 %).

Обычно используются такие системы, как тонкослойные вспучивающиеся огнезащитные покрытия, плитные материалы, частичная защита и заполнение бетоном замкнутых профилей (труб). При проектировании перекрытий также оценивается необходимый для требуемой огнестойкости процент армирования плит.



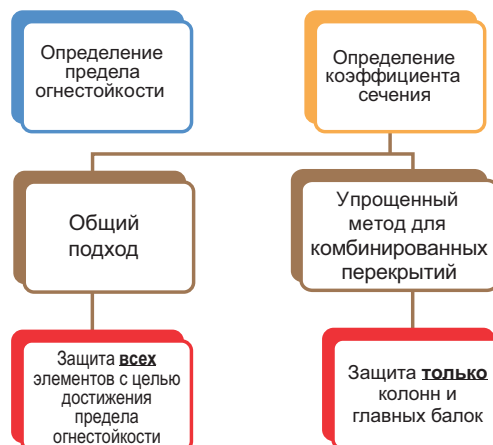
На рынке Великобритании доминируют тонкослойные вспучивающиеся огнезащитные покрытия и плитные материалы

Доля рынка систем противопожарной защиты



Тонкослойные вспучивающиеся огнезащитные покрытия

Габариты внешней отделки конструкций должны определяться с учетом расширения вспучивающегося огнезащитного покрытия



Тонкослойные вспучивающиеся огнезащитные покрытия представляют собой лакокрасочные материалы, которые инертны при низких температурах, однако обеспечивают изоляцию в результате сложной химической реакции при температурах в диапазоне 200–250 °С, предельной температуре, при которой свойства стали остаются неизменными.

По мере того как покрытие вступает в реакцию, происходит набухание, образуется вспученный слой покрытия с низкой проводимостью, изолирующий стальной профиль. Обычно степень расширения составляет примерно 50:1, т. е. покрытие толщиной 1 мм в процессе нагрева расширяется до 50 мм.



Тонкослойные вспучивающиеся огнезащитные покрытия преимущественно используются в зданиях, где требуется предел огнестойкости до 90 минут. В последние годы был разработан ряд составов, которые могут обеспечить огнестойкость в течение 120 минут.

Вспучивающиеся огнезащитные покрытия допускается наносить как непосредственно в проектом положении, так и за пределами строительной площадки. Они могут использоваться в качестве декоративной отделки. Требование декоративной или индивидуальной отделки должно быть включено в проектную документацию. Вспучивающиеся тонкослойные материалы обладают дополнительными преимуществами: возможность покрытия сложных по форме профилей и относительно простое обслуживание после нанесения.



Нанесение вспучивающихся огнезащитных покрытий в заводских условиях широко применяется в Великобритании, но, как правило, только на проектах, где экономия срока строительства компенсирует дополнительные затраты на окрасочные работы на площадке. Этот метод используется для большинства коммерческих зданий в Лондоне.

Покраска конструкций на заводе обычно выполняется в случаях, когда отсутствуют повышенные требования к внешнему виду конструкций. Для сохранения краски, нанесенной на заводе, требуются особые условия транспортировки конструкций до строительной площадки. При восстановлении покрытия краски после транспортировки возникает также сложность совпадения цветовой палитры красок.

Основными характеристиками конструкций, защищаемых вспучивающимися составами, являются: толщина слоя огнезащиты после высыхания, режим обогрева (с 3 сторон или 4 сторон), приведенная толщина металла и величина требуемого предела огнестойкости. Требования по определению толщины огнезащитного покрытия различаются для открытых сечений (УКВ/УКС) и замкнутых сечений (Celsius). Их можно найти либо в литературе производителя, либо в Желтой книге ASFP.

Префорируемые балки разрушаются при пожаре по сложным сценариям. Рекомендуется проконсультироваться с производителями балок и огнезащитных покрытий

Перфорированные балки, как правило, защищают с помощью вспучивающихся огнезащитных покрытий. При разработке проекта конструктор должен определить расчетами фактический предел огнестойкости балки и требуемую толщину огнезащитного покрытия. Балка с огнезащитным покрытием должна пройти испытания соответствии с протоколом ASFP по защите перфорированных балок. Более подробную информацию о противопожарной защите перфорированных балок можно найти в Желтой книге ASFP.

Сечения УКВ/УКС — обогрев с 4 сторон — справочные данные

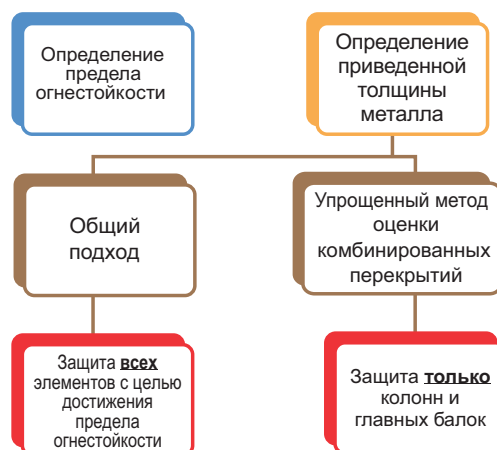
A/V	Критическая температура 550 °C		
	Толщина покрытия (мм) для предела огнестойкости		
	30 мин	60 мин	90 мин
30	0,261	0,324	0,470
50	0,261	0,347	0,690
70	0,261	0,413	0,959
90	0,261	0,490	1,212
110	0,265	0,582	1,394
130	0,276	0,663	1,589
150	0,289	0,747	1,929
170	0,306	0,842	2,147

Сечения УКВ — обогрев с 3 сторон — справочные данные

A/V	Критическая температура 620 °C		
	Толщина покрытия(мм) для предела огнестойкости		
	30 мин	60 мин	90 мин
30	0,265	0,265	0,420
50	0,265	0,276	0,494
70	0,265	0,319	0,679
90	0,265	0,357	0,907
110	0,265	0,419	1,099
130	0,286	0,487	1,300
150	0,295	0,545	1,493
170	0,300	0,626	1,727



Плитные огнезащитные материалы



В Великобритании для противопожарной защиты конструкций широко применяются плитные материалы. Наряду с внешним видом отделки конструкций, огнезащитные плиты обладают дополнительным преимуществом — в отличие от нанесения краски, монтаж плит выполняется сухим способом.

Существует два вида огнезащитных плит: легкие и тяжелые.

Легкие плиты не применяются в качестве декоративной отделки и используются в случаях, когда не требуется архитектурная привлекательность отделки. На тяжелые плиты допускается наносить декоративную отделку и, соответственно, их применение не зависит от требований отделки помещений.



Основными характеристиками конструкций, защищенных огнезащитными плитами является их толщина и приведенная толщина металла элементов конструкции. Показатели различных решений с применением плитных материалов можно найти в спецификациях производителя, либо в Желтой книге ASFP.

В некоторых случаях плитными материалами защищают и перфорированные балки. При этом должны соблюдаться требования, приведенные в Желтой книге ASFP.

Сечения UKB/UKC — обогрев с 4 сторон — справочные данные

A/V	Критическая температура 550 °C		
	Толщина покрытия (мм) для предела огнестойкости		
	30 мин	60 мин	90 мин
30	15	15	15
50	15	15	15
70	15	15	15
90	15	15	15
110	15	15	20
130	15	15	20
150	15	15	20
170	15	15	20

Сечения UKB — обогрев с 3 сторон — справочные данные

A/V	Критическая температура 620 °C		
	Толщина покрытия (мм) для предела огнестойкости		
	30 мин	60 мин	90 мин
30	15	15	15
50	15	15	15
70	15	15	15
90	15	15	15
110	15	15	15
130	15	15	15
150	15	15	20
170	15	15	20

Частичная огнезащита

К частично защищенным от огня конструкциям относят балки, отдельные элементы которых (полки и стенки) закрыты от воздействия огня бетоном плиты перекрытия, либо колонны, частично закрытые ограждающими конструкциями.

Наиболее показательным примером частичной защиты является система Slimdek компании Tata Steel, к которому также относится любая конструкция перекрытия с опиранием плиты на нижний пояс балки - Slimflor (двутавр с пластиной, приваренной к нижнему поясу - аналог профиля Slimdek ASB) или двутавр UKB, воспринимающий нагрузку от плиты через дополнительные уголкового опоры.

Бетон плиты перекрытия, соприкасающийся со стальной балкой, в условиях огневого воздействия позволяет поглотить часть тепла – повысить предел огнестойкости стальной балки. Огневые испытания перекрытий показали, что огнестойкость ассиметричных балок линейки Slimdek FE в сочетании с плитой перекрытия достигает 60-ти минут без применения дополнительной огнезащиты.

Для частично открытой колонны требуемая огнезащита может быть рассчитана по приведенной толщине металла открытой для огня части сечения, а не всего сечения, что позволит сократить расходы на огнезащиту.

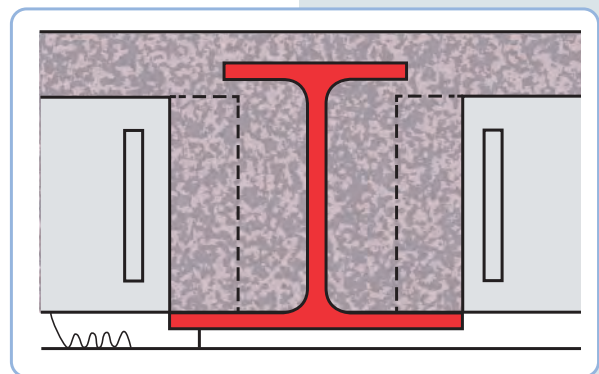
Пример расчета огнестойкости частично открытых для огня конструкций приведен в онлайн-статье «Расчет коэффициентов сечения».

Заполнение бетоном стальных труб

При заполнении бетоном стальных труб образуется комбинированное сталежелезобетонное сечение, обладающее большей несущей способностью по сравнению с отдельной стальной трубой. Для обеспечения предела огнестойкости подобной конструкции 60 минут и более необходимо дополнительное армирование стержневой арматурой. Подбор сечений допускается производить с помощью программного обеспечения для проектирования Firesoft компании Tata Steel. Подробности на сайте www.tatasteelconstruction.com

Противопожарная защита может быть обеспечена за счет применения дополнительной наружной защиты, как правило это тонкий вспучивающийся слой. Поскольку железобетонный каркас поглощает часть тепла при огневом воздействии, для определения требуемой толщины покрытия в расчетах следует учитывать коэффициент перехода от бетона к стали. Подробную информацию о методе расчета указанного коэффициента можно найти в онлайн-статье о конструкциях из труб при пожаре.

Требования
к огнезащите частично
открытой для огня колонны
можно узнать на сайте
www.steelconstruction.info

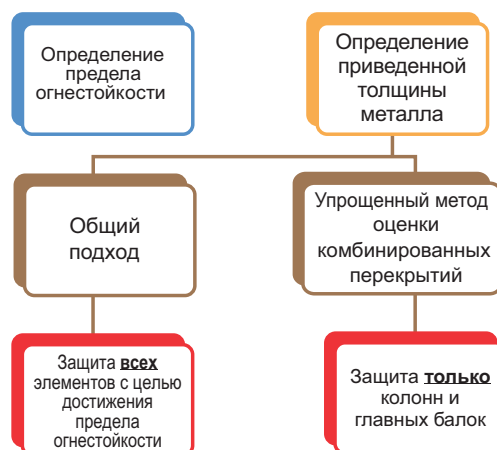


Steel
Construction
.info

www.steelconstruction.info

Интересные статьи:

- РАСЧЕТ ПРИВЕДЕННОЙ ТОЛЩИНЫ МЕТАЛЛА
- КОНСТРУКЦИИ ИЗ ТРУБ ПРИ ПОЖАРЕ



Огнезащита сталежелезобетонных плит перекрытий

Сталежелезобетонные плиты перекрытий состоят из профилированного стального настила и бетонной плиты. Плиты армируются стержневой арматурой или стальной фиброй из условий ограничения раскрытия трещин, сопротивления мембранным усилиям в плите и, в случае пожара, для обеспечения требуемой несущей способности. Рифы в профилированном настиле обеспечивают сцепление бетона и стали, позволяющее распределить между ними усилия. Совместное действие между стальными балками и бетоном создается путем приварки анкерных стержневых упоров сквозь настил к верхнему поясу балок.

Предел огнестойкости плит перекрытий зависит от армирования плиты

Перекрытие ComFlor [®] 60 —тяжелый бетон				Перекрытие FibreFlor CF60 —тяжелый бетон				
Пролет	Огне-стойкость	Толщина плиты (мм)	Сетка	Пролет	Огне-стойкость	Толщина плиты (мм)	Количество FibreFlor (кг/м ²)	
Однопролетная плита и настил	1 ч	130	A142	Однопролетная плита и настил	1 ч	130	26	
		130	A252			130	26	
		160	A252			140	31	
	1,5 ч	140	A193		1,5 ч	170	31	
		170	A252			150	36	
Двухпролетная плита и настил	2 ч	150	A193	Двухпролетная плита и настил	2 ч	180	36	
		180	A252			1 ч	130	26
	1 ч	130	A142		130		26	
		130	A252		1,5 ч		140	31
		160	A252			170	31	
Двухпролетная плита и настил	1,5 ч	140	A193	Двухпролетная плита и настил	1,5 ч	150	36	
		170	A252			2 ч	180	36
	2 ч	150	A193		2 ч		180	36
		180	A252					

При проектировании перекрытий для условий пожара проектировщики как правило исключают стальной настил из расчетной схемы, в предположении его незначительного влияния на несущую способность плиты. В реальности настил играет важную роль в обеспечении целостности и изоляционных свойств плиты перекрытия. В условиях пожара он действует как жесткая диафрагма, ограничивающая распространение пламени и горячих газов, а также повышающая трещиностойкость плиты. Открытая для огня поверхность настила, как правило, не требует дополнительной огнезащиты.

При нагрузках, возникающих при пожаре, стержневая арматура плиты играет значительную роль в сопротивлении плиты изгибающим усилиям. Ближе к середине пролета плита может значительно деформироваться от огневого воздействия, но разрушение плиты наступит только после исчерпания несущей способности арматуры.

Большинство производителей стальных настилов разрабатывают программное обеспечение для проектирования перекрытий с использованием своей продукции. Также многие компании публикуют справочную литературу с информацией о требуемом для достижения расчетного предела огнестойкости армировании плиты.

Пустоты между балкой и настилом

По результатам проведенных огневых испытаний можно сделать вывод об отсутствии необходимости огнезащиты участков стальной балки, не контактирующих с поверхностью стального настила, – в местах, где гофры настила образуют пустоты в сечении плиты перекрытия. В комбинированном сталежелезобетонном сечении верхний пояс стальной балки расположен очень близко к нейтральной оси комбинированного сечения, что означает низкий уровень напряжений в верхнем поясе балки. Это означает наличие запаса несущей способности верхнего пояса балки, и, при экстремальном нагреве в условиях пожара, этот пояс будет сохранять прочность дольше, чем участки балки, закрытые от огня ребрами плиты перекрытия.

Пустоты под настилом с профилем «ласточкин хвост» не требуют заполнения огнезащитными материалами для обеспечения нормируемых пределов огнестойкости. Большие пустоты, возникающие под трапециевидными профилями, в большинстве случаев также можно оставлять незаполненными для обеспечения предела огнестойкости до 90 минут. Однако, при этом может потребоваться увеличение слоя огнезащиты остальных участков балки.

ASFP предлагает два методических подхода, позволяющих не заполнять пустоты под настилом. В таблице 18 приведены рекомендации по изменению толщины противопожарной защиты, а в таблице 19 – рекомендации по снижению температуры обогрева для балок с заданными пределами огнестойкости.

Для стандартных сечений УКВ в таблице 18 предложены упрощенные требования, позволяющие оставить пустоты незаполненными.

Желтая книга ASFP – таблица 18: рекомендации для балок, испытанных при температуре 550 °C или 620 °C

ТРАПЕЦИЕВИДНЫЙ НАСТИЛ				
Тип балки	Противопожарная защита балки	Предел огнестойкости (мин.)		
		До 60	90	Более 90
Композитная	Материалы, испытанные при 550 °C	Без увеличения толщины	Увеличить толщину на 10 % или проверить толщину по A/V с увеличением на 15 %*	Заполнить пустоты
Композитная	Материалы, испытанные при 620 °C	Увеличить толщину на 20 % или проверить толщину по A/V с увеличением на 30 %*	Увеличить толщину на 30 % или проверить толщину по A/V с увеличением на 50 %*	Заполнить пустоты
Некомпозитная	Все виды	Заполнить пустоты над фланцем		

*Можно использовать наименее обременительный вариант

Для перфорированных балок см. конкретные данные производителя

НАСТИЛ «ЛАСТОЧКИН ХВОСТ»				
Тип балки	Противопожарная защита балки	Предел огнестойкости (мин.)		
		До 60	90	Более 90
Любой	Все виды	Пустоты можно оставить незаполненными для всех пределов огнестойкости		

Огнезащита пустот в сечениях плит перекрытий зависит от вида профиля настила

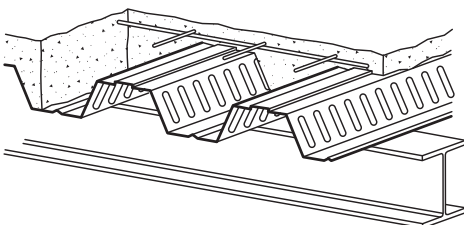


www.steelconstruction.info

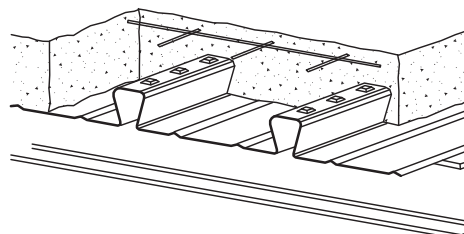
Интересные статьи:

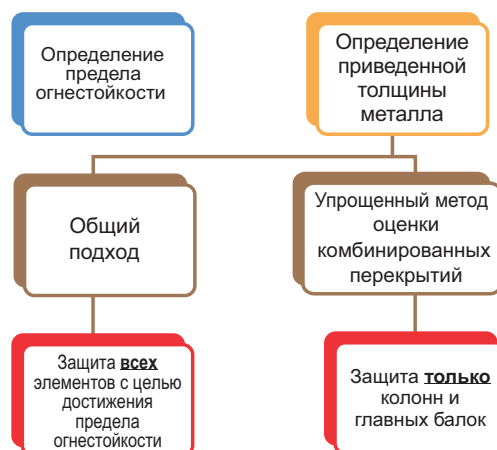
- ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА — ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЗИТНЫХ СТАЛЬНЫХ НАСТИЛОВ

Трапециевидный настил



Настил «ласточкин хвост»





Следует отметить, что таблицы 18 и 19 могут использоваться только для стандартных двутавровых балок. При оценке влияния пустот над перфорированными балками ASFP не допускает применение таблицы 18, а таблица 19 может использоваться только в том случае, если в характеристиках балки указана предельно допустимая температура обогрева, рассчитанная квалифицированным инженером.

Пустоты под настилом должны быть заполнены в случае, когда балка является частью противопожарной стены

Важным требованием при проектировании является необходимость заполнения огнезащитой пустот в тех случаях, когда балка является частью стены пожарного отсека, чтобы обеспечить предел огнестойкости конструкций отсека. Следует отметить, что материал, используемый для заполнения пустот, не обязательно должен быть таким же, как и для защиты балки. Однако он должен соответствовать тому же пределу огнестойкости.

В тех случаях, когда трапециевидный настил используется в конструкции без объединения балки и плиты в комбинированную систему, пустоты всегда должны быть заполнены огнезащитным составом.

Желтая книга ASFP – таблица 19: снижение температуры для балок с требуемым пределом огнестойкости

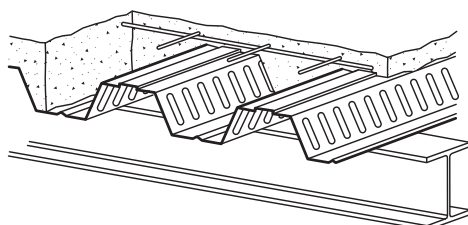
ТРАПЕЦИЕВИДНЫЙ НАСТИЛ				
Тип балки	Снижение температуры (минуты)			
	30	60	90	Более 90
Композитная	50 °C	70 °C	90 °C	Заполнить пустоты
Некомпозитная	Заполнить пустоты			

Для перфорированных балок см. справочные данные производителя

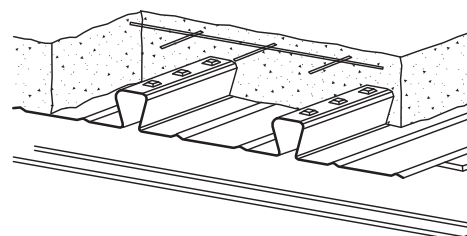
НАСТИЛ «ЛАСТОЧКИН ХВОСТ»				
Тип балки	Снижение температуры (минуты)			
	30	60	90	Более 90
Любой	Никаких изменений температуры не требуется			

Для перфорированных балок см. справочные данные производителя

Трапециевидный настил



Настил «ласточкин хвост»



Применение стандартов пожарной безопасности

В большинстве случаев эффективность огнезащиты конструкций при пожаре определяется с помощью стандартных огневых испытаний. Альтернативным решением в некоторых случаях является выполнение требований норм в области пожарной безопасности (BS 5950-8, BS EN 1993-1-2 или BS EN 1994-1-2) для расчета огнезащиты, необходимой для достижения требуемой огнестойкости.

Метод ограничения температуры нагрева позволяет проектировщику определить необходимость в противопожарной защите путем сравнения температуры, при которой элемент конструкции разрушается (предельная температура нагрева), с температурой самой нагретой точки сечения при требуемом пределе огнестойкости (расчетной температуре нагрева). В стандарте BS 5950-8 подобное сравнение можно выполнить с помощью справочных таблиц. Если предельная температура превышает расчетную, противопожарная защита не требуется.

Указанный аналитический метод позволяет определить, будет ли обеспечен 30-минутный предел огнестойкости для незащищенной стали без противопожарной защиты в конкретном проекте. Этот же метод может быть использован при расчете предельной температуры нагрева с целью определения требуемой огнезащиты для нормируемых пределов огнестойкости. Если с помощью расчетного метода определено, например, значение критической температуры балки, несущей плиту перекрытия, 700 °C, а не 620 °C (в случае недогруженности балки), то это позволит значительно сократить толщину огнезащитного состава. Подобная экономия огнезащитного материала может оказаться существенной, особенно при назначении вспучивающихся огнезащитных покрытий с высокими пределами огнестойкости и/или огнезащите конструкций с высокими значениями приведенной толщины металла.

Для наружных стальных конструкций наиболее распространенным решением противопожарной защиты являются тонкослойные вспучивающиеся краски. При этом определять требуемую огнезащиту допускается расчетным путем, так как в случае пожара наружная стальная конструкция будет нагреваться только пламенем, распространяющимся из окон или других проемов в фасаде здания. Как правило, этот режим огневого воздействия более прост для оценки, в отличие от случаев с обогревом внутренних конструкций зданий. В Приложении В стандарта BS EN 1993-1-2 описан метод расчета размера и температуры пламени, распространяющегося из стеновых проемов, а также параметров излучения и конвекции для расчета теплопередачи.



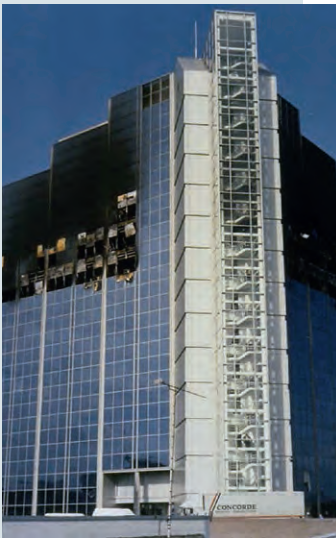
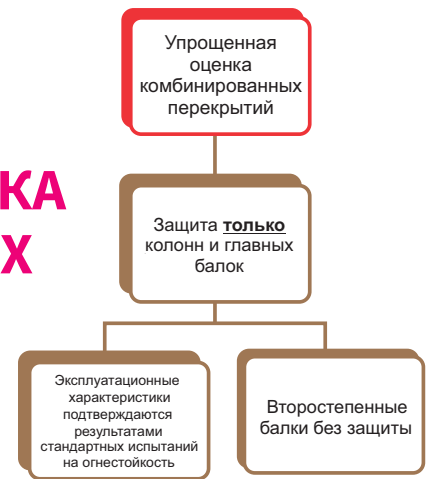
www.steelconstruction.info

Интересная статья:

- ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПОЖАРНОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УПРОЩЕННАЯ ОЦЕНКА КОМБИНИРОВАННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Кардингтонские огневые испытания



Пожар в здании Broadgate Phase 8 в 1990 году стал причиной серии полномасштабных испытаний на огнестойкость, которые изменили представления о том, как ведут себя стальные конструкции при пожаре. Каркас здания Broadgate Phase 8 с перекрытием из сталежелезобетонной плиты по стальному настилу и стальным балкам было подвержено воздействию огня в течение 4 часов. Согласно сведениям того времени о возможном поведении подобных зданий при пожаре, здание должно было гарантированно обрушиться. Тот факт, что здание не только устояло, но и пережило такой тяжелый пожар без существенных повреждений, продемонстрировал, что здания с подобной конструктивной схемой каркаса и перекрытий обладают гораздо большей огнестойкостью, чем можно было ожидать по прогнозам, основанным на стандартных огневых испытаниях отдельных элементов конструкций.

Для изучения огнестойкости была проведена серия из семи полномасштабных огневых испытаний восьмиэтажного здания со стальным каркасом и перекрытиями из сталежелезобетонных плит, построенного на территории Института строительных исследований (BRE) в Кардингтоне в период с 1994 по 2003 год. Программа испытаний включала в себя испытание балки перекрытия и шесть испытаний противопожарных отсеков.



Для объективного сравнения со стандартными испытаниями на огнестойкость был испытан образец конструкции, состоявший из стальной балки и опирающихся на него плит перекрытий. В ходе испытаний конструкция перенесла без разрушений воздействие температуры 1100 °С, что намного выше, чем температура 700 °С, при которой балка разрушилась бы при испытании без учета плит перекрытий.

Дальнейшие испытания проводились в противопожарных отсеках площадью 50–340 м². Колонны с огнезащитой, балки без огнезащиты. Несмотря на температуру среды выше 1200 °С и температуру на незащищенных стальных балках до 1100 °С, обрушения конструкций не произошло.

Сталь является наиболее изученным с точки зрения огнестойкости материалом



Стандартное испытание на огнестойкость не отражает поведения зданий в условиях реальных пожаров

По результатам испытаний было установлено, что объединение отдельных элементов перекрытий в единую сталежелезобетонную систему позволяет достичь предела огнестойкости всей конструкции, который значительно превосходит пределы огнестойкости, установленные при предыдущих испытаниях отдельных стальных балок. В условиях отсутствия огнезащиты стальных балок перекрытий конструкции не обрушились за счет плиты, действующей в качестве мембранной конструкции с высоким сопротивлением растягивающим усилиям.

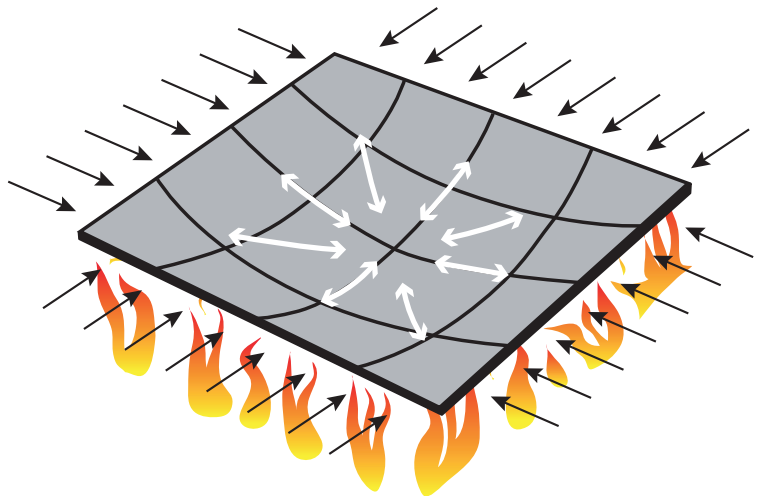
Переход плиты в состояние мембраны происходит в два этапа. На первом этапе при малых деформациях плита приобретает форму перевернутого свода под влиянием растущей температуры среды.

При больших изгибах, с ростом растягивающих усилий в арматурных стержнях, по периметру ячейки плиты возникает опорный сжатый контур, подобно ободу и спицам велосипедного колеса.

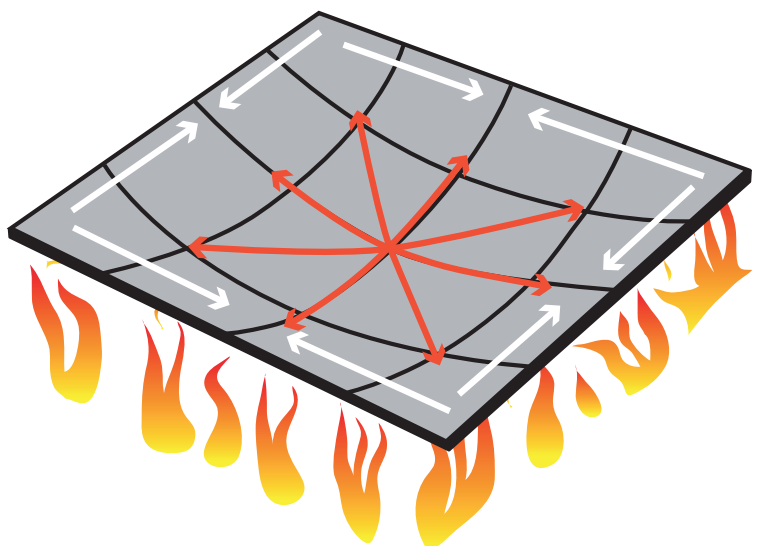
Таким образом, образуется конструкция, основными элементами которой являются вертикальная опора по периметру плиты и стержневое армирование.

Предпосылками для создания модели эффективной мембранной конструкции из плиты перекрытия при пожаре являются огнезащита главных балок перекрытия и колонн каркаса здания при незащищенных второстепенных балках. При этом главные балки должны быть рассчитаны на дополнительную боковую нагрузку от плиты на ранних стадиях пожара, когда плита создает расклинивающий для балок эффект, а рабочая арматура плиты должна быть подобрана с учетом расчета плиты как мембранной конструкции.

Деформации плиты при огневом испытании



Распределение усилий в плите



Steel
Construction
.info

www.steelconstruction.info

Интересная статья:

• ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Последовательность проектирования



По результатам испытаний в Кардингтоне был разработан ряд типовых расчетных схем перекрытий, в которых достигается максимальный эффект от сочетания прочностных характеристик сталежелезобетонных балок и мембранной работы плит при пожаре. Указанные модели были рассчитаны с учетом упруго-пластической стадии работы стали и мембранного эффекта в плитах по методу, описанному в издании Digest 462 Института строительных исследований (BRE) для оценки механизма, приводящего плиту в мембранную конструкцию при пожаре.

Применяя указанные модели перекрытий, инженер может оставить большинство второстепенных балок незащищенными в зданиях с требуемым пределом огнестойкости от 30 до 120 минут. Однако при этом могут потребоваться некоторые компенсирующие действия, например, повышение процента армирования плит.

Наиболее широко используемой моделью является TSlab v3, простой инструмент для работы с электронными таблицами, разработанный SCI и Tata Steel. Он разработан на основе методик Европейских строительных норм, однако, ограничен созданием моделей перекрытий с простой ортогональной сеткой колонн.

Процедура анализа с помощью TSlab v3 выглядит следующим образом:

1. Ввод информации о конструкции:
 - а. Схема расположения плиты перекрытия.
 - б. Толщина плиты перекрытия, сечение стального настила, стержневая арматура и класс бетона.
2. Ввод нагрузки:
 - а. Автоматический расчет собственного веса плиты.
3. Указание сечений балок и марки стали:
 - а. для второстепенных балок.
 - б. для главных балок.
 - в. величина пролета плиты (для внутренних и крайних балок).
4. Ввод предела огнестойкости:
 - а. Ввод требуемой огнестойкости.
5. Анализ с использованием стандартной кривой зависимости температуры от времени пожара.

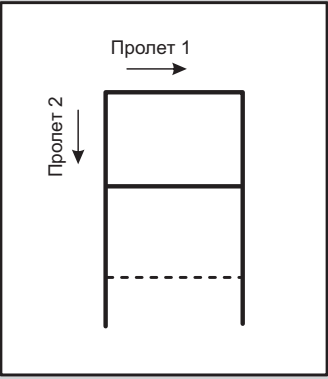
Результаты расчета плиты перекрытия и балок представлены в табличном формате с графическим изображением температуры, несущей способности и изгиба в динамике по времени для каждого элемента конструкции. Несущая способность плиты перекрытия в динамике по времени представлена в виде коэффициентов использования материала. Диаметр и шаг арматурных стержней обычно являются критическими факторами, которые следует учитывать в первом приближении при оценке несущей способности плиты перекрытия.

Подробное описание TSlab есть в Руководстве SCI P390, которое дополняет документ P288 Проектирование противопожарной защиты — новый подход к многоэтажным зданиям со стальным каркасом. TSlab v3 можно бесплатно скачать вместе с руководством пользователя на сайте www.tatasteelconstruction.com

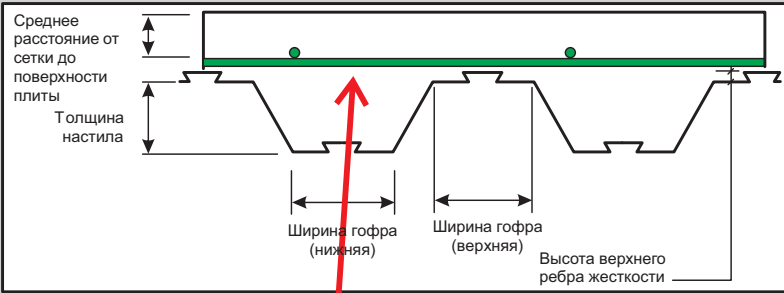
Обзор программы TSlab

TSlab — в качестве основных исходных данных используются геометрические параметры конструкции и данные о нагрузках

Определение пролета 1 и пролета 2



Размеры плиты перекрытия и настила



Среднее расстояние от сетки до поверхности плиты
Толщина настила
Ширина гофра (нижняя)
Ширина гофра (верхняя)
Высота верхнего ребра жесткости

Размеры для симметричного настила должны совпадать (нижние и верхние)
Примечание: положение сетки определяется по среднему или эффективному межребровому расстоянию сетки

Размер и положение арматурной сетки являются основным параметром

TSlab — ввод информации о конструкции

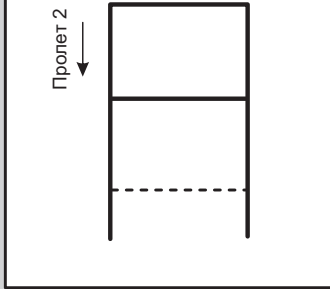
TSLAB V3_0.xls

Анализ композитных плит перекрытия при пожаре

Заголовок задания (макс. 25 символов) По умолчанию

Информации о конструкции

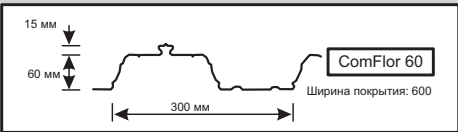
Пролет 1 (м)	9,00
Пролет 2 (м)	9,00
Толщина плиты (мм)	130
Тип бетона (NW (обычный тяжелый), LW (легкий бетон)) [NW]	NW
Марка бетона (f_{ck}) (Н/мм ²)	25
Тип настила, трапециевидный (Т) или входящий (R) [Т]	Т ComFlor 60
Толщина настила (мм)	60
Осевые шаги настила (мм)	300
Ширина гофра (верхняя) (мм)	131
Ширина гофра (нижняя) (мм)	120
Высота ребра жесткости настила	15
Среднее расстояние между осями сетки (мм)	30
Большая площадь сетки (мм ² /м)	193
Меньшая площадь сетки (мм ² /м)	193 A193
Прочность сетки (Н/мм ²)	500



Загрузить данные

Сохранить данные

Загрузить/Сохранить
Все значения из листов Structure (Конструкция) и Fire (Пожар) загружены или сохранены



TSlab — ввод нагрузки

Нагрузка

Нормальное состояние (холодное) (EN1990 Eqn 6.10)

Базовая временная полезная нагрузка (кН/м ²)	4,00	($\gamma_{Q,i} = 1.50$)
Сопутствующая временная полезная нагрузка (кН/м ²)	1,00	($\gamma_{Q,i} = 1.50$; $\psi_{0,i} = 0.7$)
Постоянная нагрузка, включая балку, исключая плиту (кН/м ²)	1,00	($\gamma_{G,j,sup} = 1.35$)
Расчетный вес плиты, включая арматурную сетку (кН/м ²)	2,63	($\gamma_{G,j,sup} = 1.35$)

Пожар (EN1990 Eqn 6.11)

Коэффициент сочетания для базовой временной полезной нагрузки, $\psi_{1,1}$	0,50
Коэффициент сочетания для сопутствующей временной полезной нагрузки, $\psi_{2,i}$	0,50

TSlab — указание сечений балок и марки стали

Балки

Марка стали (f_t) (Н/мм²) A193

Незащищенные балки

Выбрать сечение балки Тип сечения

Градус работающего на сдвиг соединения UKB UKC

Количество незащищенных балок

Рандбалки

Сторона А

Выбрать размер сечения балки Тип сечения

Выбрать расположение балки

Крайняя балка

Промежуточная балка

Выбрать тип конструкции

Композитная

Некомпозитная

Градус работающего на сдвиг соединения при комнатной температуре

Сторона В

Выбрать размер сечения балки Тип сечения

Выбрать расположение балки

Крайняя балка

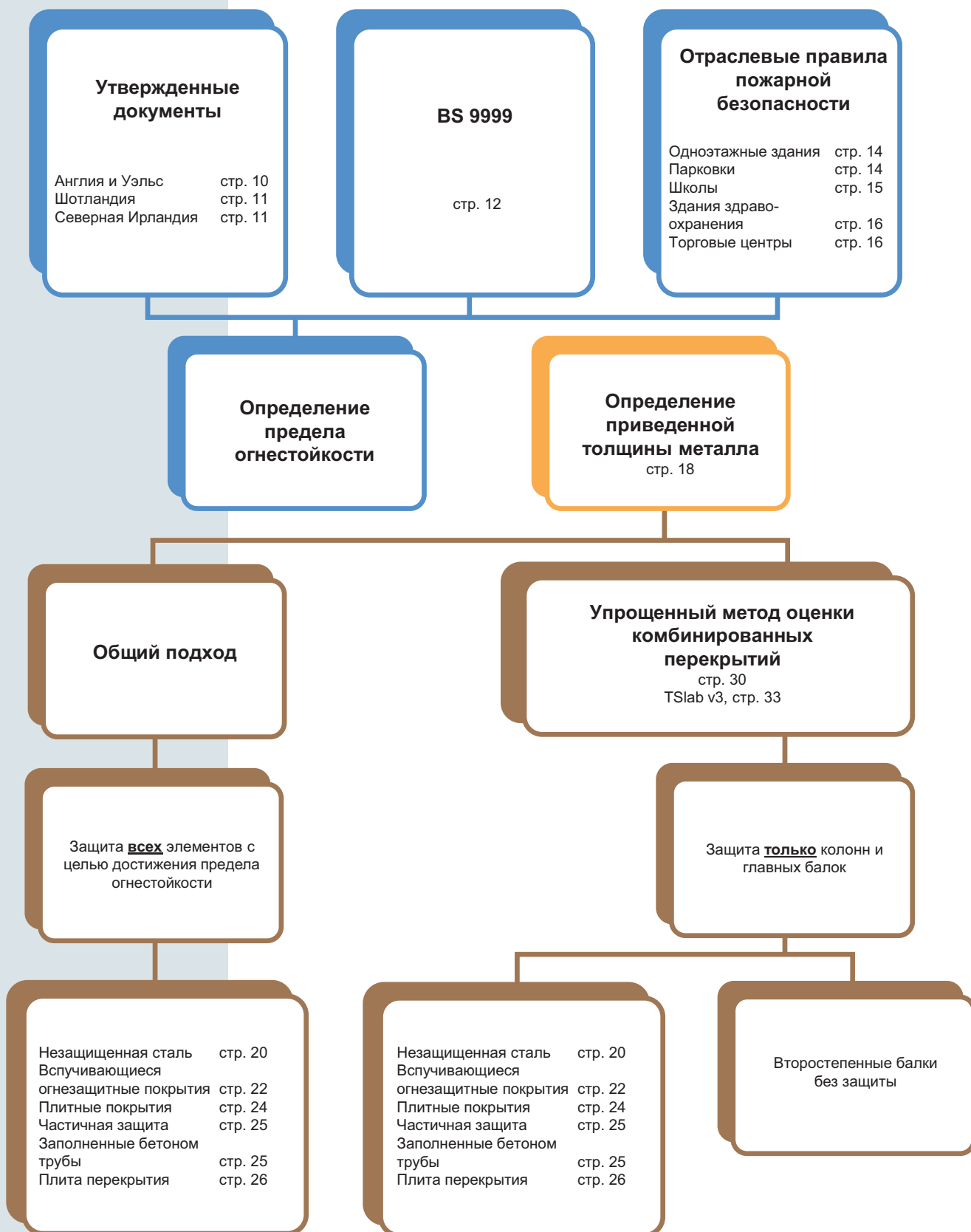
Промежуточная балка

Выбрать тип конструкции

Композитная

Некомпозитная

Градус работающего на сдвиг соединения при комнатной температуре



ВЫВОД

О поведении строительных стальных конструкций во время пожара известно больше, чем о любом другом строительном материале. Их эксплуатационные характеристики были определены в ходе серии полномасштабных испытаний на огнестойкость, не имеющих аналогов для других материалов. Поведение и свойства строительных стальных конструкций при пожаре четко определены с помощью конечно-элементных моделей и других простых инструментов анализа.

Определение требований к противопожарной защите стальных конструкций здания является простым и понятным процессом, одинаковым для всех типов зданий.

Первым этапом является определение предела огнестойкости конструкции для обеспечения достаточного времени на эвакуацию людей из здания в случае пожара. Предел огнестойкости определяется либо с помощью общего подхода, предусмотренного Утвержденными документами, либо с помощью подхода, основанного на оценке рисков, изложенного в стандарте BS 9999. Следует также упомянуть отраслевые правила пожарной безопасности, которые могут дополнить требования других документов.

Вторым этапом является определение приведенной толщины металла элементов стальной конструкции. Приведенная толщина металла (A/V или H_p/A) используется для описания скорости нагрева элемента, при этом меньшие значения соответствуют более тяжелым сечениям, которые нагреваются медленнее, чем легкие сечения с более высокими значениями приведенной толщины металла. Приведенную толщину можно рассчитать, но, как правило, они выбираются из таблиц свойств Advance Section Property или из электронной Синей книги. Они варьируются в зависимости от типа противопожарной защиты (покрытие плитными материалами или вспучивающееся огнезащитное покрытие) и от вида воздействия огня на элемент (с 3 или 4 сторон).

Заключительным этапом является определение требований к противопожарной защите на основе требуемого предела огнестойкости и приведенной толщины металла.

Считается, что незащищенные стальные конструкции сохраняют огнестойкость в течение 15 минут. Для более высоких пределов огнестойкости обычно требуется наличие противопожарной защиты. В Великобритании для противопожарной защиты обычно используются либо вспучивающиеся огнезащитные либо плитные материалы.

Температура по умолчанию для стальных конструкций, разработанных в соответствии со стандартом BS 5950-8, составляет 550 °C для элементов, подверженных воздействию огня с 4 сторон, и 620 °C для балок, несущих плиты перекрытия, из-за эффекта отвода тепла плитой. В обоих случаях для определения толщины противопожарной защиты данной системы следует определять расчетом приведенную толщину металла, либо использовать справочные значения из литературы производителя или из Желтой книги ASFP.

Перфорированные балки при пожаре теряют несущую способность по разнообразным сложным сценариям. Обычно их защищают вспучивающимися огнезащитными покрытиями. Особое внимание следует уделять проверке соответствия спецификации соответствующего продукта. Проектировщикам рекомендуется проконсультироваться как с производителями балок, так и с производителями покрытий, чтобы убедиться в правильности решений.

Для определения огнестойкости плиты перекрытия следует использовать расчетные таблицы производителя. При высоких требуемых пределах огнестойкости значительно повышается требуемый процент армирования плиты. Желтая книга ASFP содержит рекомендации по заполнению пустот огнезащитными материалами под различными профилями настила. В случае, когда балки перекрытия примыкают к стене пожарного отсека, пустоты под гофрами настила заполняются в независимости от прочих условий. Особое внимание следует уделять вопросу заполнения пустот под настилом в случае применения перфорированных балок перекрытий.

Общий подход заключается в обеспечении противопожарной защиты для всех элементов конструкции и подтверждении эксплуатационных характеристик по результатам стандартных испытаний на огнестойкость. Однако для комбинированных перекрытий можно использовать упрощенный метод оценки, основанный на цифровом моделировании. В большинстве случаев применения упрощенного метода сохраняется возможность исключить огнезащиту для второстепенных балок перекрытий.

TSlab — это простой в использовании инструмент для работы с электронными таблицами, разработанный после проведения полномасштабных испытаний на огнестойкость в Кардингтоне. Эти испытания показали, что объединение конструкций в комбинированное сталежелезобетонное перекрытие играет решающую роль в обеспечении повышенной огнестойкости, не выявленной при испытаниях на отдельных элементах конструкций балок и плит.

Он обеспечивает пошаговый подход для проектировщиков, предполагающий переход плиты в мембранную конструкцию под воздействием огня, с возможностью не защищать второстепенные балки. Решающее значение для такого подхода к проектированию имеют диаметр и шаг арматурных стержней плиты перекрытия. TSlab можно загрузить с сайта www.tatasteelconstruction.com

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОСЛЕ ПОЖАРА

При рассмотрении вопроса о том, можно ли повторно использовать стальные конструкции, подвергшиеся воздействию огня, общий вывод заключается в том, что если стальная конструкция не деформировалась, то она все еще пригодна для использования по назначению. При 600 °С значения предела текучести и жесткости стали составляют примерно 40 % и 30 % от значений при комнатной температуре, соответственно. Любая сталь, сохранившая прямую форму после пожара и несущая значительную нагрузку, вероятно, не нагревалась выше 600 °С, не претерпевала никаких структурных изменений и, следовательно, будет пригодна для повторного использования.

Однако на практике рекомендуется, чтобы во всех случаях проводились испытания на прочность. Если предел прочности на растяжение стали марки S275, полученный в результате испытаний, находится в диапазоне, указанном в таблице, то сталь пригодна для повторного использования. Для стали марки S355 следует взять дополнительные образцы элементов из высокопрочной стали, подвергшихся воздействию огня, если испытания на прочность показывают, что:

- разница в прочности составляет более 10 % по сравнению со стальными конструкциями, не подвергшимися воздействию огня,
- или
- результаты испытания на прочность показывают, что прочность находится в пределах 10 % от указанного минимального значения.

В случае очевидной деформации конструкции сложно определить критерии соответствия максимально допустимым значениям деформации для обеспечения удовлетворительных эксплуатационных характеристик. Величина деформации должна быть точно определена, чтобы можно было отобразить ее в расчетной схеме и проверить целостность конструкции. Таким образом, для каждого здания после пожара должен выполняться инструментальный контроль деформаций конструкций, а инженер-проектировщик, участвующий в проекте реконструкции здания, должен определить, какой уровень деформаций является приемлемым для обеспечения соблюдения соответствующих норм и правил.

Определение прочности на растяжение по результатам испытания на твердость

	Твердость по Бринеллю	Твердость по Виккерсу	Предел прочности на растяжение, Н/мм ²
Марка S355	187	197	637
	179	189	608
	170	179	559
Марка S275	163	172	539
	156	165	530
	149	157	500
	143	150	481
	137	144	481
	131	138	461
	126	133	451
	121	127	431

Steel
Construction
.info

www.steelconstruction.info

- Интересная статья:
- ОЦЕНКА ПОВРЕЖДЕНИЙ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ВОЗНИКШИХ ПРИ ПОЖАРЕ

Торговые знаки Tata Steel
Advance, Slimdek, Slimflor, UKA, UKB,
UKC, ComFlor, FibreFlor u Celsius
являются торговыми знаками
компании Tata Steel

АССОЦИАЦИЯ РАЗВИТИЯ
СТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

+7 (495) 744-02-63

info@steel-development.ru

www.steel-development.ru