

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОНСТРУКТИВНЫМИ МЕТОДАМИ

*В. Е. Сугрова, П. А. Матвиенко*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(г. Москва, Россия)*

Приводятся современные, широко распространенные за рубежом конструктивные решения элементов стальных каркасов, не требующие применения традиционных огнезащитных материалов и обеспечивающих предел огнестойкости до шестидесяти минут.

*Ключевые слова:* противопожарная защита, композитные конструкции, перекрытия пониженной высоты, частично защищенные колонны, полые сечения, огнестойкость.

The modern, widely spread design solutions of steel frame elements that do not require the use of traditional flame retardant materials and provide a fire resistance limit of up to sixty minutes are given.

*Keywords:* fire protection, composite construction, slim floor, partially encased columns, hollow sections, fire resistance.

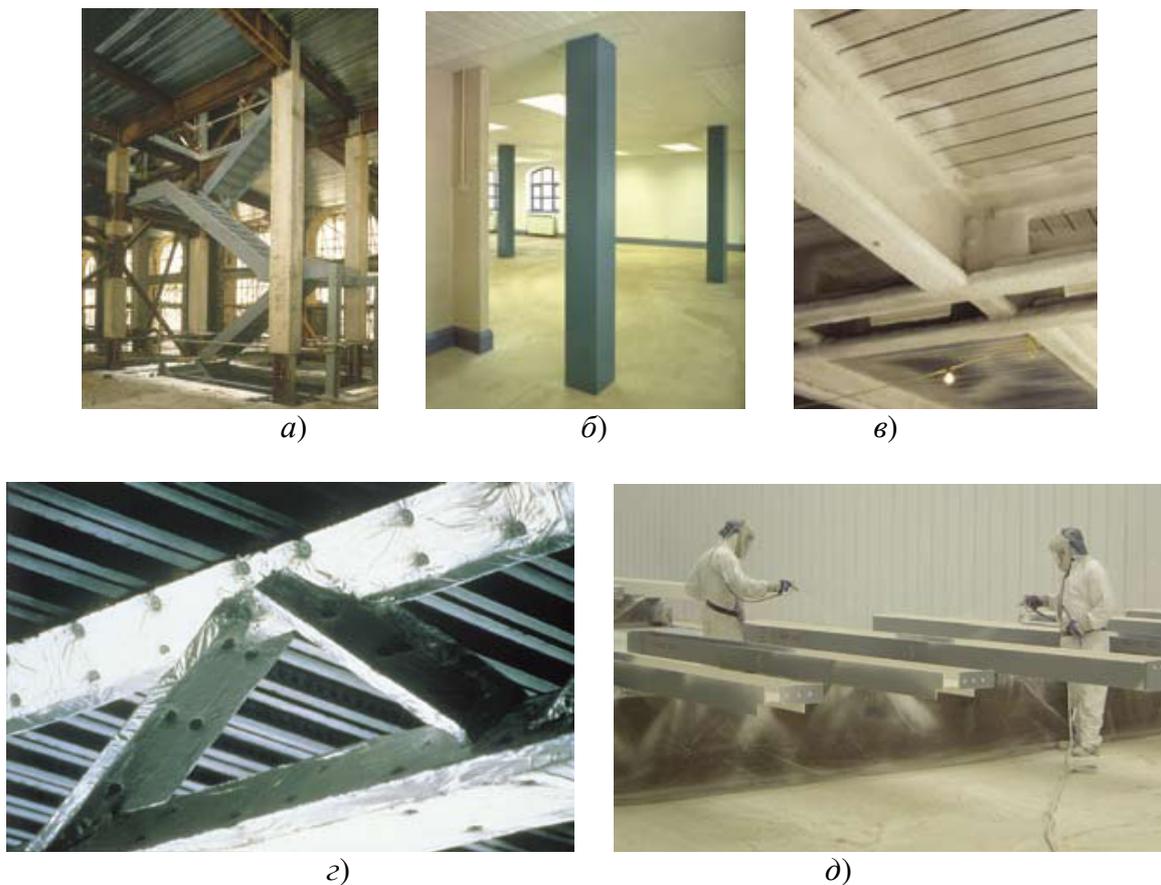
Огнестойкость стальных конструкций без применения специальных мер защиты сравнительно невелика и составляет при стандартных испытаниях 15 минут (предел огнестойкости R15). Для повышения пределов огнестойкости стальных конструкций устраивают их огнезащиту (рис. 1). Преимущества, недостатки и область применения традиционных способов огнезащиты описаны в [1].

Однако необходимость использования огнезащитных мероприятий увеличивает общую стоимость строительства и рассматривается как один из недостатков стальных конструкций. В зарубежной практике разработаны и широко применяются конструктивные решения стальных каркасов с частично защищенными конструкциями. Проведенные огневые испытания показали, что конструктивные элементы, которые не полностью подвержены воздействию огня, могут иметь значительный уровень огнестойкости без применения защиты [2].

Частично защищенные элементы обеспечивают, как правило, предел огнестойкости 30 и 60 минут. В тех случаях, когда требуются более высокие пределы огнестойкости, на открытые стальные конструкции могут быть нанесены слои огнезащитных материалов уменьшенной толщины, поскольку нагретый периметр меньше, чем для полностью открытого сечения.

**Колонны с заполнением блоками** (Block-infilled columns, рис. 2а). 30-минутная огнестойкость может быть достигнута за счет использования автоклавных газобетонных блоков, вложенных между полками и связан-

ных со стенкой прокатного двутавра. При дополнительной защите полок возможны более длительные пределы огнестойкости.



*Рис. 1. Традиционные методы огнезащиты: а) обетонирование, б) облицовка плитными материалами, в) нанесение огнезащитной штукатурки, г) облицовка листовыми материалами, д) нанесение вспучивающихся покрытий*

**Колонны с заполнением бетоном (Web-infilled columns, рис. 2б).** Монолитный бетон фиксируется между полками колонны с помощью кронштейнов, прикрепленных к стенке колонны. Бетон удерживается ребрами жесткости, закрепленными в нижней части зоны соединения.

Восприятие бетоном нагрузки не принимается во внимание при проектировании колонны, но при воздействии огня незащищенная сталь теряет свою прочность и усилия, воспринимаемые полками, постепенно передаются на бетон. Это обеспечивает стабильность в огне в течение периода до 60 минут, а при наличии продольной арматуры и хомутов, приваренных к стенке (рис. 2в) – до 90 минут.

**Балки с опорными столиками из уголков (Shelf angle floor beams, рис. 3)** представляют собой балки с уголками, приваренными или прикрепленными болтами к стенке для поддержки плиты перекрытия. Это защищает верхнюю часть балки от огня, в то время как нижняя часть остается открытой, что позволяет легко получить предел огнестойкости 30 минут.

Огнестойкость возрастает по мере перемещения опорных уголков вниз и может достигать 60 минут, хотя требуемая толщина бетонной плиты может сделать эту форму конструкции неэкономичной.

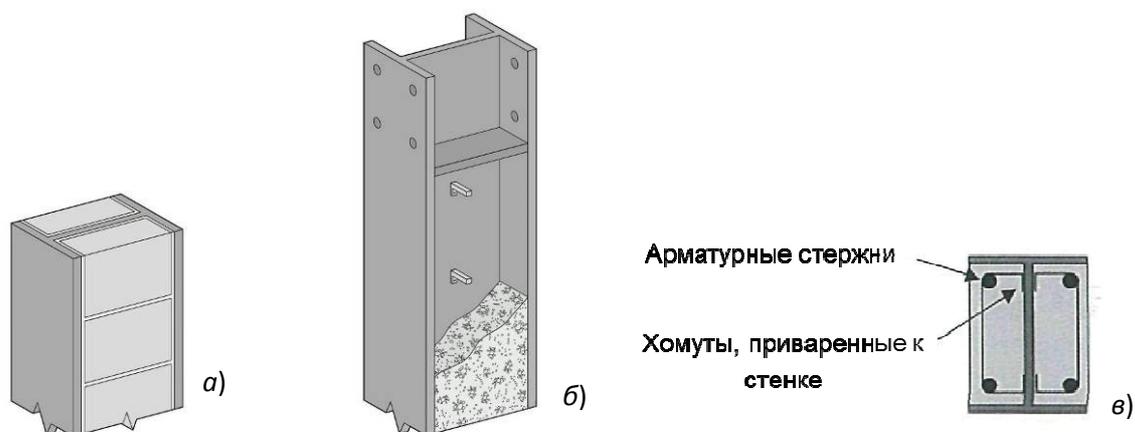


Рис. 2. Колонны, заполненные блоками (а) и монолитным бетоном (б, в)

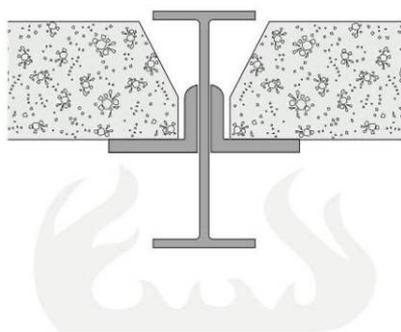


Рис. 3. Балка с опорными столиками из уголков

**Перекрытия пониженной высоты со скрытыми балками (Slim floor beams).** Применяются два основных варианта скрытых балок. Первый, известный как Slimflor, содержит балку с пластиной, приваренной к нижней полке, для поддержки стального настила или, в некоторых случаях, бетонных плит (рис. 4). Почти все сечение защищено от пожара напольной плитой, а пределы огнестойкости до 60 минут достижимы без защиты открытой плиты.

Второй вариант также использует скрытую балку, но вместо опорной пластины используется асимметричный двутавр с более широким нижним поясом (рис. 5). Это устраняет сварку, но сохраняет легкость монтажа. Такая система запатентована под торговым названием Slimdek. Форма асимметричной балки специально разработана для обеспечения оптимальной стойкости при пожаре. Сочетание толстой стенки и тонкой полки дает максимальную несущую способность при неравномерном распределении температуры в предельном состоянии. Slimdek также может использоваться со сборными плитами. Асимметричная балка, используемая в системе

Slimdek, обеспечивает огнестойкость 60 минут без огнезащиты и сварных шпилек, обеспечивающих совместность работы.

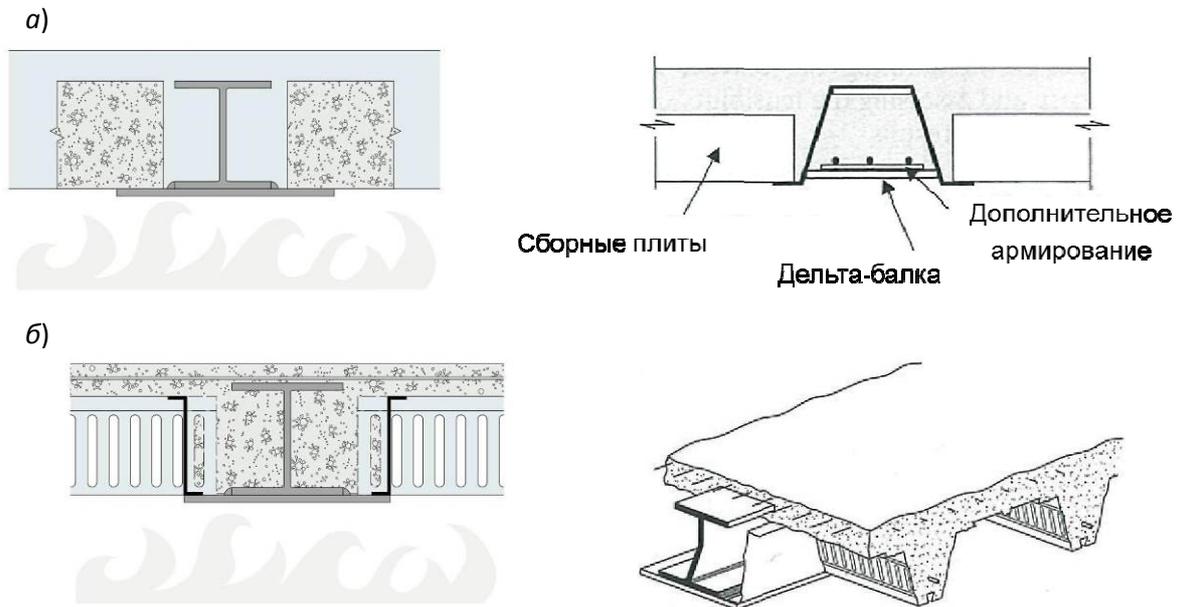


Рис. 4. Система Slimflor со сборной плитой (а) и профнастилом (б)



Рис. 5. Система Slimdek с ассиметричным двутавром

**Незащищенные полые сечения, заполненные бетоном (Concrete filled hollow section)** могут обеспечивать до 2 часов огнестойкости. Когда комбинированная конструкция подвергается воздействию огня, тепло проходит через сталь в бетонное ядро, которое, будучи плохим проводником, нагревается медленно. По мере повышения температуры стали ее предел текучести постепенно уменьшается, и нагрузка передается на бетон. Стальная обойма ограничивает взрывообразное отслаивание бетона.

Неармированный или армированный волокнами бетон хорошо работает при осевом нагружении, и гораздо хуже, когда колонна подвержена внецентренному сжатию. В случае наличия значительных изгибающих моментов огнестойкость колонны, заполненной бетоном, может быть повышена добавлением арматуры.

Сводные данные о пределах огнестойкости частично защищенных балок и колонн представлены в таблице.

Таблица

Пределы огнестойкости несущих элементов стального каркаса

<i>Тип балки</i>		<i>Предел огнестойкости</i>	<i>Тип колонны</i>	
	Незащищенная балка	R15		Незащищенная колонна
	Балка с опорными столиками из уголков	R30		Колонна с заполнением блоками
	Перекрытия пониженной высоты со скрытыми балками	R60		Колонна с заполнением неармированным бетоном
	Частично защищенная балка	R90		Колонна с заполнением армированным бетоном
		R120		Колонна полого сечения, заполненная армированным бетоном

Как показывают результаты технико-экономического анализа [2, 3], применение частично защищенных стальных конструкций вместо традиционных способов огнезащиты позволяет снизить общую стоимость строительства на 20...40 %, а при использовании методов оптимального проектирования снижение может достигать 50 %.

#### Список литературы

1. Федоров В. С., Левитский В. Е., Молчадский И. С., Александров А. В. Огнестойкость и пожарная опасность строительных конструкций. М. : АСВ, 2009. 408 с.
2. Bailey C. G., Newman G. M., Simms W. I. Design of Steel Framed Buildings without Applied Fire Protection. SCI Publication 186 // The Steel Construction Institute, Ascot. 1999.
3. Piquer D. Hernández-Figueirido. Protected steel columns vs partially encased columns: Fire resistance and economic considerations // Journal of Constructional Steel Research. 2016. Vol. 124. P. 47–56.

УДК 69.07

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕШЕНИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

*М. И. Гостева*

*Российский университет транспорта (МИИТ)  
(г. Москва, Россия)*

При создании уникального сооружения основным принципом формообразования, в большинстве случаев, является архитектурная идея. Подобные сооружения требуют