

## Огнестойкость междуэтажного перекрытия на основе стальных С-образных профилей

*Инженер Д.Е. Коломийцев;  
инженер А.О. Родичева,*

*ГОУ Санкт-Петербургский государственный политехнический университет;  
руководитель группы конструкторов В.А. Рыбаков\*,  
ОАО «ЛенжилНИИпроект»*

Данная статья посвящена обсуждению результатов испытаний образцов междуэтажного перекрытия [1], выполненного на основе стального каркаса из тонколистовых холодногнутых профилей, с обшивкой цементно-магниевыми листами и заполнением внутренней части теплоизоляционными плитами из минеральной ваты.

Испытания проводились в Испытательном центре Федерального государственного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны» (ФГУ ВНИИПО) в 2008 г. Результаты испытаний любезно предоставлены авторам ЗАО «Град Петра», фирмой-изготовителем тонколистовых холодногнутых профилей, являвшихся основными несущими конструкциями испытанных профилей, и заказчиком проведенных испытаний.

С каждым годом легкие стальные тонкостенные конструкции (далее ЛСТК) все больше и больше входят на рынок России, тем более, что наша страна имеет огромную историю металлостроительства, большой опыт проектирования и строительства из металла. Пока еще для России строительство с применением легких стальных тонкостенных конструкций – это относительно новая область, по крайней мере, с точки зрения массового использования. [5]

Но тем не менее, за последние 8–10 лет в нашей стране сформировалась новая отрасль строительной индустрии – производство гнутых профилей из оцинкованной стали.

Учитывая актуальность развития этого направления, в России создана Национальная ассоциация производителей стальных гнутых профилей (NAMSCS), объединяющая более 30 фирм, изготавливающих в год около 1 млн. т гнутых профилей из оцинкованной стали. Область массового применения этих профилей включает легкие несущие и ограждающие конструкции зданий и сооружений различного назначения во всех регионах России. [5]

В гражданском строительстве наиболее эффективно применение конструкций из оцинкованных гнутых профилей в сейсмических районах, малоэтажных коттеджах комплектной поставки и при реконструкции зданий: надстройке мансардных этажей, создании вентилируемых фасадов и замене плоских рулонных кровель на малоуклонные металлические с герметичными стыками. [5]

Однако следует отметить, что при строительстве зданий и проектировании ЛСТК особое внимание следует уделить удовлетворению противопожарных норм и, в частности, проектированию стальных противопожарных конструкций.

Таковыми перекрытиями служат огнестойкие перегородки, стены, двери, противопожарные перекрытия. Такие перекрытия являются горизонтальными противопожарными преградами, то есть представляют собой противопожарный пол, выполненный из негорючих материалов. Противопожарные перекрытия предусматривают три типа: 1, с пределом огнестойкости R150 (не менее 2,5 часов); 2, предел огнестойкости которого не менее R60 (1 часа) и 3 – не менее R45 (0,75 часа). Второй и третий типы применяются при изоляции чердаков, подвалов и цокольных этажей

### *Некоторые виды противопожарных перекрытий*

Строительные конструкции по пожарной опасности подразделяются на следующие классы: непожароопасные (K0); малопожароопасные (K1); умереннопожароопасные (K2); пожароопасные (K3).

Противопожарные перекрытия предусматривают трех типов и выполняют, как правило, из конструкций класса пожарной опасности K0. Они предназначены для ограничения распространения пожара по этажам здания в течение времени, равного нормируемому пределу огнестойкости. Противопожарные перекрытия без зазоров примыкают к наружным стенам классов пожарной опасности K0. В зданиях с наружными стенами из конструкций класса пожарной опасности K1–K3 или с остеклением, расположенным в уровне перекрытия, перекрытия пересекают эти стены и остекление.

Противопожарные перекрытия, как правило, предусматривают без проемов. При необходимости устройства проемов их защищают противопожарными люками и клапанами соответствующего типа.

Область применения противопожарных перекрытий регламентируется соответствующими нормативно-техническими документами. Наибольшее распространение получили противопожарные перекрытия 2-го и 3-го типов для изоляции подвальных, цокольных и чердачных помещений. Противопожарные междуэтажные перекрытия предусматривают также в качестве горизонтальных ограждающих конструкций помещений, перегородки или стены которых выполняют с пределом огнестойкости не менее EI 45.

С противопожарной стороны перекрытия сдерживают вероятность распространения пожара в вертикальном направлении, т. е. по высоте здания. Наиболее опасно распространение пожара снизу вверх, вследствие этого огнестойкость перекрытий характеризуют при одностороннем воздействии огня, как правило, со стороны их нижней поверхности. При этих условиях все подвесные составляющие потолка в перекрытиях выполняют огнезащитную функцию. Огнестойкость сплошных железобетонных перекрытий зависит от минимальной толщины бетонной плиты и минимальной толщины защитного слоя бетона до главной продольной арматуры.

Огнестойкость пустотных перекрытий из сборного железобетона и полых глиняных блоков зависит от суммарной толщины сплошного материала. При оценке огнестойкости учитывают любой вариант перекрытия, но без учета штукатурки либо какой-то иной облицовки потолка. Однако это не означает, что штукатурка или облицовка не могут содействовать повышению огнестойкости всех типов бетонных перекрытий.

Железобетонные перекрытия, изготовленные из бетона с легкими заполнителями (например, термозит либо спекшаяся зольная пыль), более устойчивы против растрескивания в условиях пожара, чем перекрытия из бетона с заполнителями, повторяющими вид мелкозернистого песка либо гравия. Вследствие этого предел огнестойкости перекрытий из бетона с нетяжелым заполнителем выше предела огнестойкости перекрытий из обычного тяжелого бетона. Плиты перекрытий из ячеистого бетона гарантируют хорошую теплоизоляцию, хотя при нагревании в значительной степени прогибаются, что говорит о потребности увеличения их жесткости с помощью увеличения толщины и вспомогательного армирования.

Перекрытия (полы) на основе ЛСТК изготавливают из легких стальных С- или Z-образных профилей. Для обрамления блоков перекрытий по периметру стен применяют U- и С-образные профили соответствующей высоты. По верхнему поясу стальных профилей закрепляются профилированные стальные листы. Опалубка из профлиста распределяет вертикальные нагрузки, а также создает жесткий диск перекрытия, обеспечивающий устойчивость всего здания. Верхняя отделка состоит из листов ГВЛ или тонкого слоя ангидрита (безводного гипса).

Распространенный вариант перекрытия имеет следующее конструктивное решение: С-образные балки; опалубки из профлиста; два слоя ГВЛ для пола сверху; подвесной потолок из листа ГКЛ и огнестойкие плиты ГКЛВ, прикрепленные к нижней опалубке из профлиста, закрепленного к нижнему поясу балки. Полость перекрытия заполняется с уплотнением слоем минераловатных плит. Узлы стыка между полом и внешней стеной должны быть спроектированы так, чтобы не допускать вертикальной передачи звука и проникновения влаги извне в конструкцию перекрытия. Отверстия для инженерных коммуникаций должны быть сделаны в несущих профилях перед сборкой конструкций.

Категория огнестойкости конструкции пола оценивается экспериментально. Полы между квартирами (для зданий от двух этажей) должны соответствовать противопожарным требованиям EI60. Если конструкция пола удовлетворяет требованиям по несущей способности, то она, в общем случае, отвечает требованиям и по разделительной функции. Снизу конструкция пола защищена от огневого воздействия потолком, который может быть либо прикреплен непосредственно к балкам перекрытия, либо подвешен. Если подвесной потолок с огнестойкостью EI60 (по целостности E и теплоизолирующей способности I) защищает несущую стальную конструкцию, то требование противопожарной безопасности по REI60 (еще и по несущей способности R) также выполняется для несущих балок конструкции перекрытия [7]. Противопожарная защита может быть выполнена путем облицовки потолка двумя слоями 15-мм огнеупорного гипсового листа ГВЛО (гипсоволокнистые листы огнеупорные). Пол защищают аналогично с помощью гипсовых листов пола. [5]

### *Характеристика испытанных образцов фрагмента перекрытия*

Испытания опытных образцов междуэтажного перекрытия проводились с целью определения предела огнестойкости представленных образцов по ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции».

На испытания были представлены 2 образца фрагмента междуэтажного перекрытия размером 4000x2000x220 мм. Эскиз конструкции опытного образца представлен на рис. 1.

Опытный образец фрагмента междуэтажного перекрытия представлял собой трехслойную конструкцию, выполненную на основе несущего стального каркаса из тонколистовых холодногнутых оцинкованных профилей С-образного сечения, выпускаемых в соответствии с ТУ 1121-006-23135079-2007, устанавливаемых в количестве 8 штук по длине образца с шагом 500 мм. Размеры сечения профиля – 200\*50x15x2,0 мм.

Периметр каркаса (по ширине образцов) выполнялся из профилей швеллерного сечения размерами 200x40x2,0 мм.

Обшивка каркаса фрагмента междуэтажного перекрытия с обеих сторон выполнялась двумя слоями цементно-магнелиевых плит марки «УНИПРОК-НГ» толщиной 10 мм (2x10-20 мм).

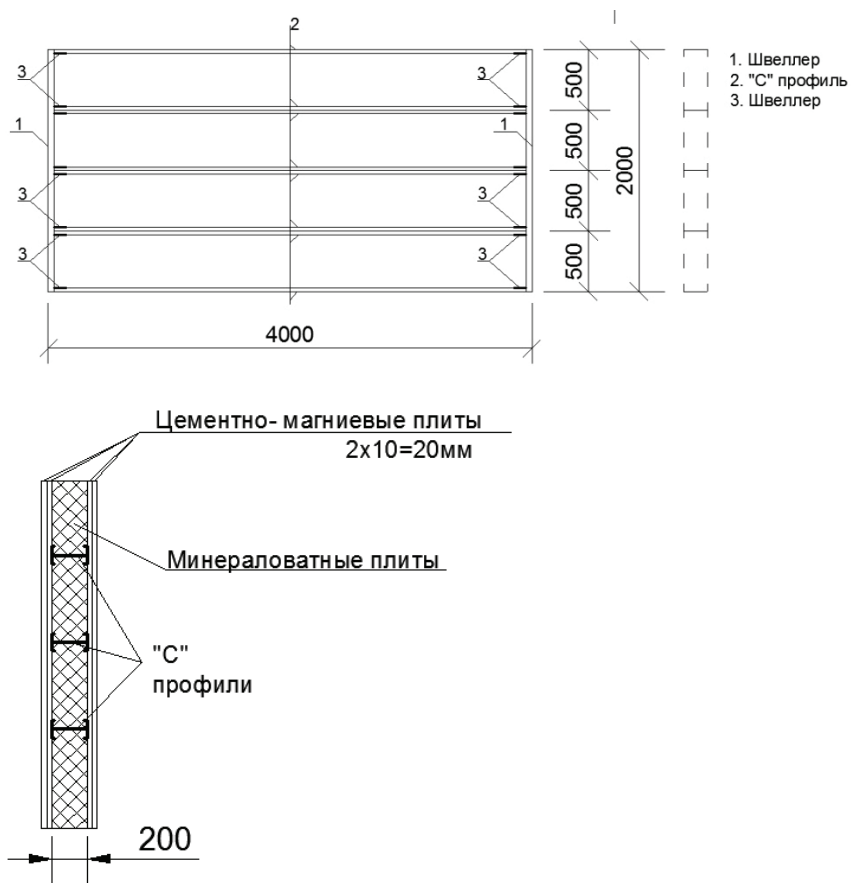


Рисунок 1. Эскиз конструкции опытного образца фрагмента междуэтажного перекрытия

Крепеж цементно-магнелиевых плит осуществлялся с помощью самонарезающих шурупов, устанавливаемых с шагом 300±10 мм. Стыки между отдельными листами по слоям располагались «вразбежку». Заделка стыков между цементно-магнелиевыми плитами, а также места установки крепежных винтов производилась шпаклевкой.

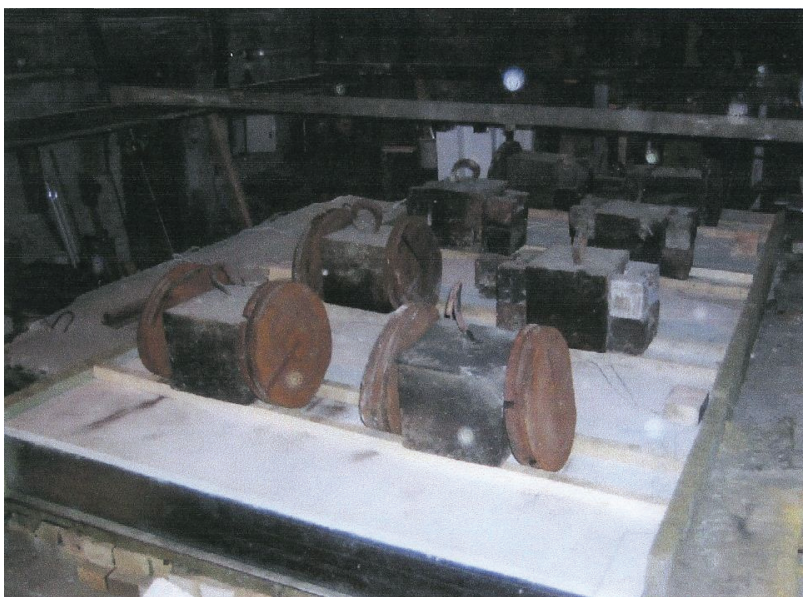


Рисунок 2. Опытный образец №1 с приложенной равномерно-распределенной нагрузкой перед испытанием

Заполнение внутренней части фрагмента междуэтажного перекрытия выполнялось теплоизоляционными плитами из минеральной ваты плотностью 100±10% кг/м<sup>3</sup>, ТУ 5762-003-45757203-99 с изм. 1, относящихся к негорючим материалам (НГ). Толщина слоя теплоизоляции составляла 200 мм.

Влажность цементно-магнелиевых плит, установленных на опытных образцах, соответствовала требованиям, изложенным в ГОСТ 30247.0 п. 7.3.

Подготовленный к испытаниям опытный образец №1 с приложенной равномерно распределенной нагрузкой представлен на рис. 2.

## Процесс испытаний

Опытные образцы устанавливались на экспериментальную установку и подвергались одностороннему тепловому воздействию по стандартному температурному режиму согласно ГОСТ 30247.0.

Испытания проводились под действием постоянной равномерно-распределенной нагрузки, равной 300 кгс/м<sup>2</sup> (без учета собственного веса).

Нагружение опытных образцов осуществлялось чугунными грузами весом 200, 25 и 16 кгс, которые размещали равномерно на необогреваемой поверхности фрагментов междуэтажного перекрытия.

Опытные образцы опирались на шарнирно-неподвижную и шарнирно-подвижную опоры. Расстояние от торцов плит до шарнирных опор составило 80 мм.

Прогибы образцов в середине пролетов, в ходе нагружения и в процессе испытания, измеряли приборами Максимова. Прогиб опытных образцов фрагмента панели перекрытия после нагружения составил у первого образца 4,0 мм, у второго – 3,9 мм.

Температура в огневой камере печи измерялась печными термопарами, равномерно распределенными по длине образца в шести местах, а на опытных образцах температура измерялась термопарами типа ТХА, установленными в количестве 5 штук на необогреваемой поверхности образца в соответствии с требованиями, изложенными в ГОСТ 30247.1 п. 7.3.1.

## Основные результаты испытаний

На 7-й мин. испытания 1-го образца и на 8-й мин. испытания 2-го образца наблюдалось провисание и раскрытие в швах 1-го (наружного) слоя цементно-магнеливых плит. На 10-й мин. испытания обоих опытных образцов наблюдалось частичное обрушение 1-го слоя, а также провисание и раскрытие в швах 2-го (внутреннего) слоя цементно-магнеливых плит. На 35-37-й мин. испытания наблюдалось частичное обрушение 2-го внутреннего слоя цементно-магнеливых плит (см. рис. 3). [1] Начиная с 38-й мин. испытания обоих опытных образцов наблюдалось постепенное обрушение оставшегося 2-го (внутреннего) слоя цементно-магнеливых плит и постепенное выпадение слоя минераловатного утеплителя.

На 48-й мин. испытания 1-го и на 46-й мин. испытания 2-го опытные образцы фрагмента междуэтажного перекрытия перешли в предельное состояние, характеризуемое быстрым нарастанием прогиба и последующим обрушением опытных образцов.

Предел огнестойкости опытных образцов фрагмента междуэтажного перекрытия был достигнут по признаку потери несущей способности на 48-й и 46-й мин. испытания (1-й и 2-й образец соответственно), вследствие достижения предельных деформаций и последующего обрушения образцов.

Средняя температура на необогреваемой поверхности (на момент обрушения образцов) составила 62 и 65°C у 1-го и 2-го образца соответственно.

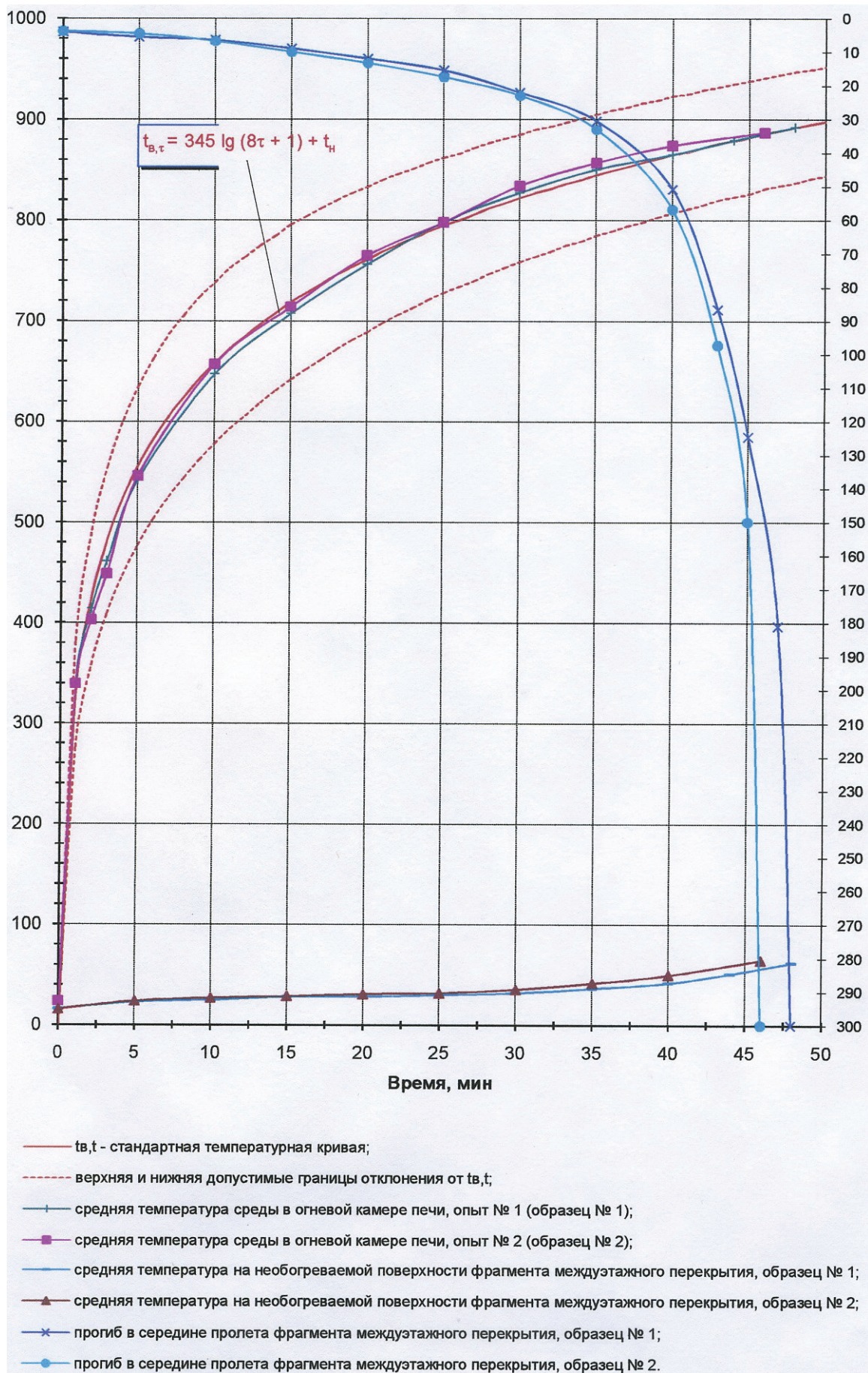
Повышения температуры на необогреваемой поверхности опытных образцов фрагмента междуэтажного перекрытия в одной из контролируемых точек в сравнении с температурой до испытания более чем на 180°C (196°C) за время проведения испытаний не зафиксировано. [6]

Кривые изменения температур и прогибов, опытных образцов фрагмента междуэтажного перекрытия представлены на рис. 4. [1]

На момент достижения опытными образцами предельного состояния по признаку потери несущей способности, образования сквозных трещин или отверстий на необогреваемой поверхности не зафиксировано. [1]



**Рисунок 3. Частичное обрушение 2-го (внутреннего) слоя цементно-магнеливых плит (образец № 2, вид в смотровое окно)**



**Рисунок 4. Кривые изменения температур и прогибов опытных образцов фрагмента междуэтажного перекрытия**

Коломийцев Д.Е., Родичева А.О., Рыбаков В.А. Огнестойкость междуэтажного перекрытия на основе стальных С-образных профилей

Предел огнестойкости фрагмента междуэтажного перекрытия, выполненного на основе стального каркаса из тонколистовых оцинкованных холодногнутых профилей ТУ 1121-006-23135079-2007 с обшивкой цементно-магниевыми листами и с заполнением внутренней части теплоизоляционными плитами из минеральной ваты, испытанного под действием равномерно-распределенной нагрузки равной 300 кгс/м<sup>2</sup> (без учета собственного веса), составляет 47 мин., что соответствует классификации REI 45 по ГОСТ 30247.0.

Огнестойкость такого вида перекрытия ниже, чем у сталебетонного перекрытия с применением профилированных настилов, у которого пожароустойчивость достигает 90 мин.

Также оно обладает меньшей стойкостью к огню, чем безбалочное железобетонное перекрытие, которое соответствует классификации REI 150.

Опираясь на Технический регламент о требованиях пожарной безопасности и СНиП 21.01-97, представленное междуэтажное перекрытие отвечает II- III степени огнестойкости REI 45.

В соответствии со СНиП 2.08.02-89 «Общественные здания и сооружения», здания с III степенью огнестойкости могут иметь до 5 этажей площадью не более 2000 м<sup>2</sup>.

Согласно СНиП 31-02-2001 «Дома жилые многоквартирные» допускается использование перекрытия огнестойкостью REI 45 для жилых многоквартирных домов высотой до 3 этажей при площади одного этажа до 150 м<sup>2</sup>. При этом класс конструктивной пожарной опасности дома должен быть не ниже С2. Также возможно использование и в 4-этажных жилых домах. Но при этом должен быть достигнут класс конструктивной пожарной опасности не ниже С1.

Итак, по полученным результатам, можно сделать вывод, что рациональнее всего будет использование междуэтажных перекрытий на основе стальных тонколистовых профилей в малоэтажных коттеджах, где оно будет удовлетворять всем нормативным требованиям. Также возможно использование в более высоких зданиях, но при этом придется повышать класс конструктивной пожарной опасности здания.

## Литература

1. Отчет об испытаниях на пожарную прочность. Огнестойкость фрагмента междуэтажного перекрытия выполненного на основе стального каркаса из тонколистовых оцинкованных холодногнутых профилей ТУ 1121-006-23135079-2007 с обшивкой цементно-магниевыми плитами марки "УНИПРОК-НГ" и с заполнением внутренней части теплоизоляционными плитами из минеральной ваты ВЕНТИ БАТТС ТУ 5762-003-45757203-99 с изм. 1 / ФГУ ВНИИПО. – М., 2009. – 12 с.
2. Федеральный закон РФ от 22 июля 2008 года N123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
3. Айрумян Э.Л., Каменщиков Н.И. Рамные конструкции стального каркаса из оцинкованных гнутых профилей для одноэтажных зданий различного назначения // Мир строительства и недвижимости. – 2006. – №36. – С. 9-11.
4. Белый Г.И. Расчет упругопластических тонкостенных стержней по пространственно-деформируемой схеме // Межвуз. темат. сб. тр. – №42 (Строительная механика сооружений). – Л. : ЛИСИ, 1983. – С. 40-48.
5. Ватин Н.И., Попова Е.Н. Термопрофиль в легких стальных тонкостенных конструкциях. – СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2006. – 63 с.
6. Золотов С.И. О противопожарных преградах // Строительство и недвижимость. – 2001. - №31. С. 3-5.
7. Кузьменко Д.В., Ватин Н.И. Ограждающая конструкция «нулевой» толщины – термopанель // Инженерно-строительный журнал. – 2008. – №1. С. 13-21.
8. Смазнов Д.Н. Устойчивость при сжатии составных колонн, выполненных из профилей из высокопрочной стали // Инженерно-строительный журнал. – 2009. – №3(5). – С. 42-49.
9. Мейнцер С.В. Быстровозводимые здания промышленного назначения // Инженерно-строительный журнал. – 2009. – №6(8). – С. 9-11.
10. Назмеева Т.В. Обеспечение пространственной жесткости покрытия в зданиях из ЛСТК // Инженерно-строительный журнал. – 2009. – №6(8). – С. 12-15.
11. Ватин Н.И., Володин В.В., Золотарева Е.А., Петров К.В., Жмарин Е.Н. Реконструкция крыш Санкт-Петербурга на основе легких стальных тонкостенных конструкций и антиобледенительной системы // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – №2(12). – С. 59-64.

\* Владимир Александрович Рыбаков, Санкт-Петербург, Россия

Тел. моб.: +7(964)331-29-15; эл. почта: fishermanoff@mail.ru