

УДК 614.84

Б.Б. Григорьян, к.т.н., доц.,
Академия пожарной безопасности имени Героев Чернобыля,
А.В. Довбыш, к.т.н., испытательный центр «ТЕСТ»,
Л.М. Шафран, д.мед.н., проф.,
ГП Украинский НИИ медицины транспорта МЗ Украины,
Е.В. Третьякова, к.б.н., ГП Украинский НИИ медицины транспорта МЗ Украины,
М.Б. Григорьян, Академия пожарной безопасности имени Героев Чернобыля

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ С ПОЛИМЕРНЫМ УТЕПЛИТЕЛЕМ

Произведена оценка огнестойкости и показателей пожарной опасности полимерных утеплителей в сэндвич-панелях на основе проведенных испытаний образцов конструкции несущей стены (перегородки) из сэндвич-панелей.

Ключевые слова: оценка огнестойкости, фрагмент перегородки из сэндвич-панелей, показатели пожарной опасности.

Постановка проблемы. В настоящее время в Украине значительное количество зданий возводится с применением ограждающих конструкций из трехслойных сэндвич-панелей с металлическими обшивками и утеплителями различных типов. Сэндвич-панели применяются при строительстве объектов различного назначения:

- производственных зданий;
- логистических комплексов, зданий терминалов;
- складских помещений;
- спортивных сооружений;
- промышленных холодильных и морозильных камер;
- торгово-развлекательных комплексов, рынков;
- автосалонов, паркингов и т.п.

В качестве утеплителя могут использоваться минеральная вата, пенополиуретан, пенополистирол, пенополиизоцианурат, стеклянное волокно. В публикации [1] говорится о появлении на рынке панелей нового типа - с сердечником из комбинированного материала - пенополистиролуретана (пенополистирол с добавлением пенополиуретана). В ближайшие годы предполагается рост применения конструкций из сэндвич-панелей до 5 млн. кв.м. [1]. Половина от этого количества приходится на панели с полимерными утеплителями. Специалисты утверждают [2], что «по своим пожарным свойствам сэндвич-панели с полимерным утеплителем типа IPN и IPN-nano не имеют ограничений к применению. Их можно использовать в строительстве любых объектов - от 1-й до 5-й степени огнестойкости».

Учитывая возрастающие объемы и области применения конструкций из сэндвич-панелей, применение новых типов теплоизоляционных материалов, актуальной задачей является оценка огнестойкости и показателей пожарной опасности таких конструкций.

Анализ последних достижений и публикаций. Согласно требований ДБН В.1.1-7-2002* строительные конструкции классифицируют по огнестойкости и способности распространять огонь. Значения пределов огнестойкости строительных конструкций и пределов распространения огня по этим конструкциям учитывают при классификации зданий по степени огнестойкости. Такой показатель, как «пожарная опасность строительных конструкций» в Украине не определяется и не нормируется. Показатели пожарной опасности (горючесть, воспламеняемость, распространение пламени, дымообразование, токсичность продуктов горения) необходимо определять только для отделочных, облицовочных материалов, применяемых на путях эвакуации.

Необходимо отметить, что в России, Казахстане, Белоруссии действуют нормативные документы [3], [4] которые устанавливают методы испытаний строительных конструкций на пожарную опасность. Такой подход связан с тем, что наряду с традиционным применением железобетонных, стальных, каменных конструкций в последнее время широкое применение находят конструкции, в составе которых присутствуют пожароопасные материалы. Цель таких испытаний – оценить участие (вклад) горючих материалов конструкции в развитие пожара, образование опасных факторов пожара.

Изложение основного материала исследования. Согласно [3] пожарная опасность строительных конструкций характеризуется классами их пожарной опасности. При установлении класса пожарной опасности строительных конструкций учитывают следующие показатели:

- наличие теплового эффекта от горения или термического разложения составляющих конструкцию материалов;
- наличие пламенного горения газов или расплавов, выделяющихся из конструкции в результате термического разложения составляющих ее материалов;
- размеры повреждения конструкции и составляющих ее материалов, возникшего при испытании конструкции, вследствие их горения и термического разложения;
- характеристики пожарной опасности материалов, составляющих конструкцию.

В таблице 1 приведена классификация пожарной опасности конструкций согласно стандарта [4].

Таблица 1 – Классификация пожарной опасности конструкций согласно стандарта [4].

Класс пожарной опасности конструкции	Допускаемый размер повреждения конструкций, см		Допускаемые характеристики пожарной опасности поврежденного материала		
	вертикальных	горизонтальных	горючесть	воспламеняемость	дымообразующая способность
К0 (непожароопасные)	0	0	-	-	-
К1 (малопожароопасные)	не более 40	не более 25	Г2	В2	Д2
К2 (умереннопожароопасные)	более 40, но не более 80	более 25, но не более 50	Г3	В3	Д2
К3 (пожароопасные)	не регламентируется				

Испытания по стандарту [3] проводят на образцах конструкций, выполненных по технической документации, размером не менее: 2400 мм - длина, 1300 мм - ширина. Размеры образцов для испытаний по стандарту [4] должны быть не менее 2000 мм - длина, 2000 мм - ширина. Продолжительность испытаний должна соответствовать минимальному требуемому пределу огнестойкости конструкции, но не должна превышать 45 минут. Следует отметить особенность проведения испытаний по [3], метод которого предполагает использование двухкамерной установки (печи), при этом в огневой камере создается стандартный температурный режим, характеризующийся зависимостью $T = 345 \lg(8t + 1) + 20$, а в тепловой камере - специальный температурный режим, характеризующийся зависимостью: $T = 200 \lg(8t + 1) + 20$ (рисунок 1). Часть испытуемого образца, расположенную у проема тепловой камеры, считают контрольной зоной образца. Согласно стандартам [3,4] также проводят испытания по определению показателей горючести, воспламеняемости, дымообразующей способности материалов, входящих в состав

конструкції. Как следует из таблицы 2, показатель токсичности продуктов горения определять не требуется.

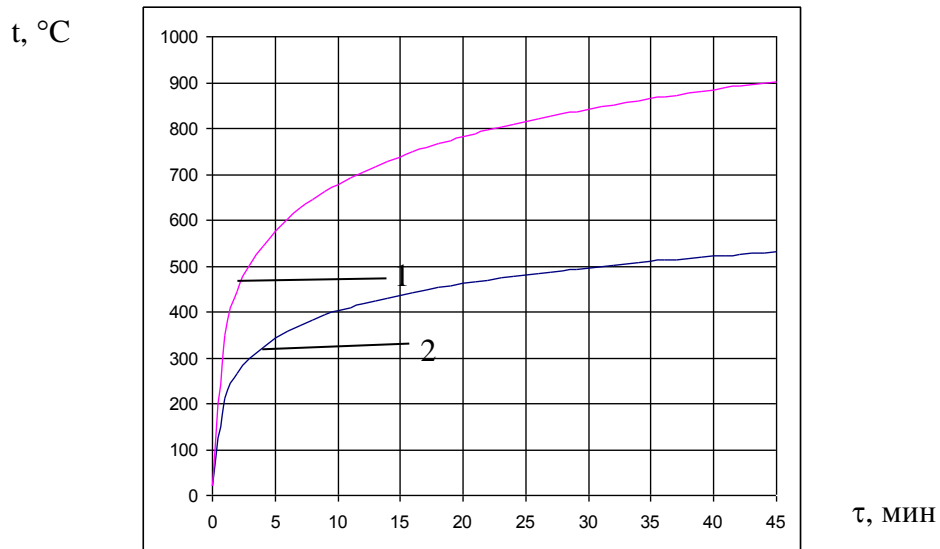


Рисунок 1 - Графики стандартного (1) и специального (2) температурных режимов в огневой печи при испытаниях строительных конструкций согласно [3].

В испытательном центре «ГЕСТ» проведена оценка огнестойкости и показателей пожарной опасности образцов конструкции несущей стены (перегородки) из сэндвич-панелей и внутреннего слоя этих панелей - образцах материала полимерного утеплителя PIR (полиизоцианурат). Огнестойкость определяли по методам стандартов ДСТУ Б В.1.1-4-98* и ДСТУ Б В.1.1-15:2007. Горючесть определяли по методу II ДСТУ Б В.2.7-19-95, воспламеняемость - по ДСТУ Б В.1.1-2-97, дымообразование - по ГОСТ 12.1.044. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты испытаний оценки огнестойкости и показателей пожарной опасности образцов конструкции несущей стены из сэндвич-панелей.

Название материала	Параметры горючести по методу II ДСТУ Б В.2.7-19-95				Группа горючести	Группа воспламеняемости по ДСТУ Б В.1.1-2-97	Коэффициент дымообразования по ГОСТ 12.1.044-89
	Максимальная температура газообразных продуктов горения, °C	Степень повреждения		Продолжительность самостоятельного горения, с			
		по длине, %	по массе, %				
утеплитель PIR (полиизоцианурат)	284	00	0	177	ГЗ	ВЗ	ДЗ

Как особенность испытаний на горючесть утеплителя PIR, можно отметить быстрое повышение температуры дымовых газов в начальной стадии испытаний (рис. 2), что связано с распространением пламени по всей длине образцов. По мере обугливания образцов и образования на их поверхности слоя кокса - горение ослабевает, температура снижается. По

окончании времени огневого воздействия на образцы (10 мин), вследствие прогрева внутренних слоев утеплителя PIR, наблюдаются отдельные очаги пламенного горения и тления на поверхности испытуемых образцов.

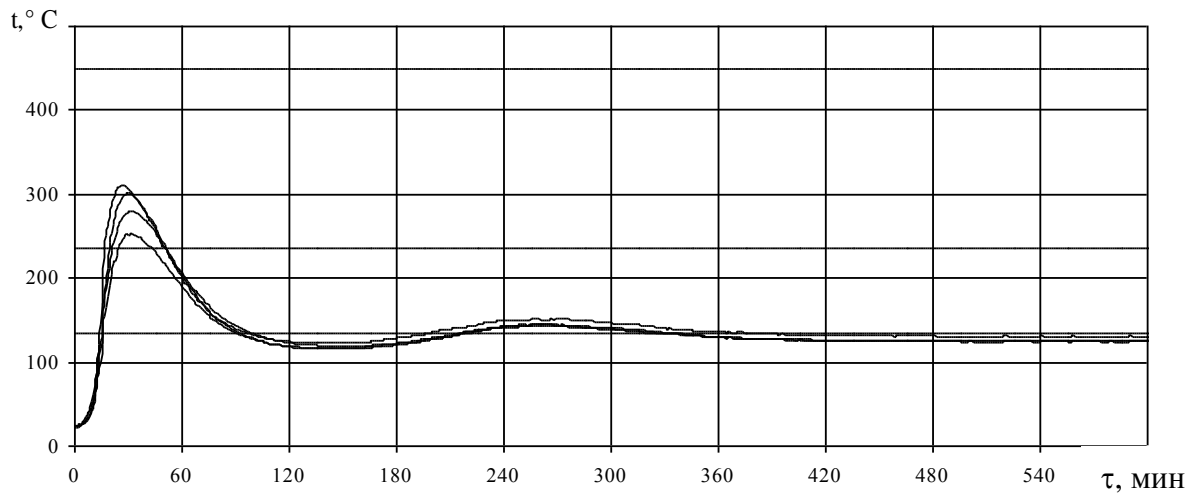


Рисунок 2 – График изменения температуры дымовых газов при испытаниях образцов утеплителя PIR толщиной 60 мм по методу П ДСТУ Б В.2.7-19-95.

Также были проведены испытания образцов сэндвич-панелей, состоящих из внутреннего слоя утеплителя PIR и наружных слоёв из стального листа толщиной 0,5 мм. Торцы образцов по периметру были закрыты “П”-образным стальным профилем и закреплены саморезами. Таким образом, исключалось прямое воздействие пламени и теплового потока на утеплитель PIR во время испытаний. Было установлено, что наружные слои из стальных листов во время указанных испытаний препятствуют пламенному горению утеплителя, способствуют уменьшению размера поврежденной зоны образцов. С учетом измеренных значений повреждения внутреннего слоя образцов (рисунок 3), сэндвич-панели были отнесены к группе горючести Г1. Группа воспламеняемости - В1.

Во время испытаний было отмечено, что наличие наружной стальной обшивки образцов не является препятствием для термического разложения утеплителя PIR и выделения газообразных продуктов горения и тления.



Рисунок 3 – Внешний вид образцов до и после испытаний по методу П ДСТУ Б В.2.7-19-95: а - утеплитель PIR; б- сэндвич-панели и внутренний слой из утеплителя PIR.

Для испытаний на огнестойкость фрагмента перегородки из сэндвич-панелей было подготовлено два образца размерами 1000 мм - ширина, 2000 мм - длинна, толщина 62 мм. Каждый образец состоял из двух сэндвич-панелей, соединенных в замок с образованием горизонтального стыка. Торцы образцов по периметру были закрыты "П"-образным стальным профилем и закреплены саморезами. На необогреваемой поверхности образцов было установлено по 7 термопар ТХА (рис. 4). Термопара (Т1) в центре образца, термопары (Т2-Т5) в геометрических центрах четвертей образца, термопары (Т6-Т7) на расстоянии 15 мм от стыка панелей. График температурного режима в печи во время испытаний приведен на рис. 5. Результаты измерений температуры на необогреваемой поверхности образцов приведены на рисунках 6-7. Потеря теплоизолирующей способности (И) образцов произошла на 18 минуте от начала испытаний, потеря целостности (Е) произошла на 31 минуте. Таким образом, испытанной конструкции был присвоен класс огнестойкости **Е 30/И 15**.



Рисунок 4 – Вид образцов сэндвич-панелей в опорной конструкции печи до и после испытаний по ДСТУ Б В.1.1-4-98* .

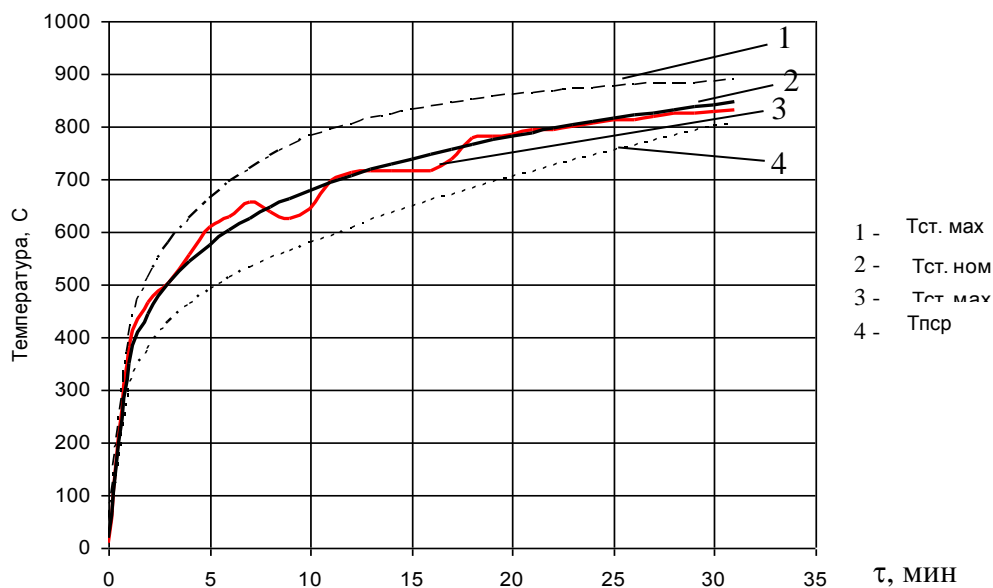


Рисунок 5 – График температурного режима в огневой печи при испытаниях образцов сэндвич-панелей по ДСТУ Б В.1.1-4-98* .

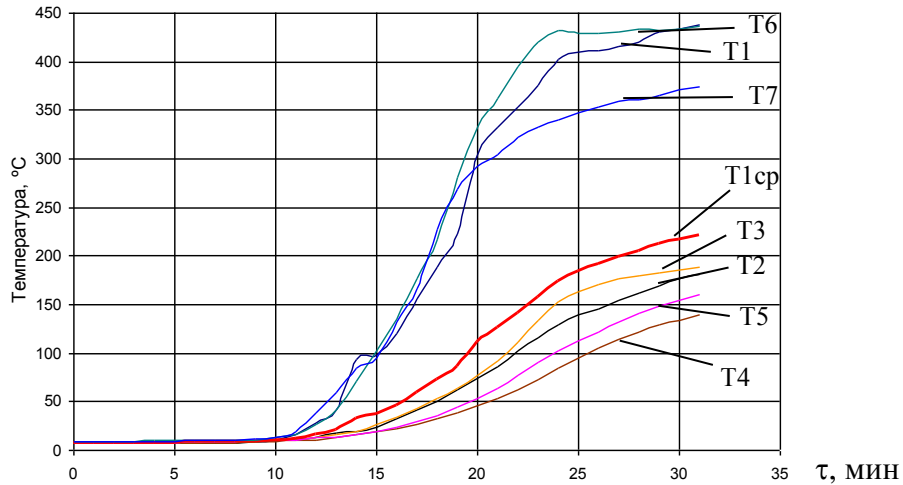


Рисунок 6 – График изменения температуры на необогреваемой поверхности образца сэндвич-панели № 1 (термопары T1-T7) и средней температуры (T1_{cp}).

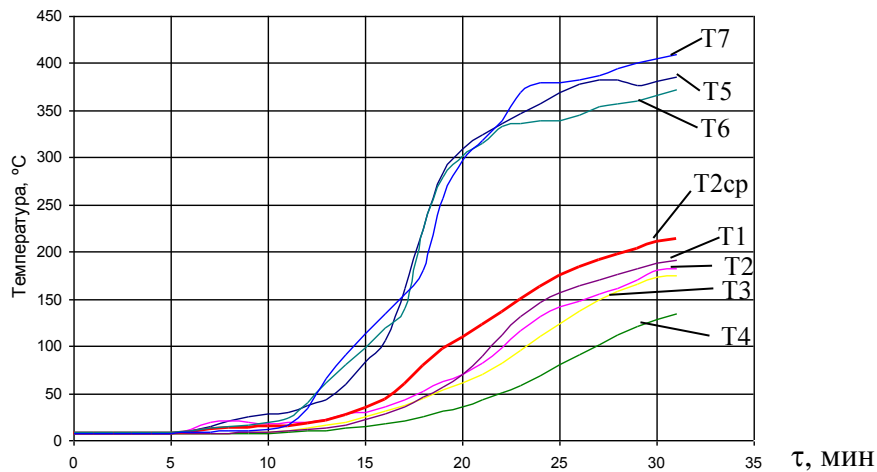


Рисунок 7 – График изменения температуры на необогреваемой поверхности образца сэндвич-панели № 2 (термопары T1-T7) и средней температуры (T1_{cp}).

Во время проведения испытаний на огнестойкость было отмечено, что при одностороннем тепловом нагреве сэндвич-панелей происходит быстрый прогрев металлической обшивки с последующим интенсивным термическим разложением утеплителя, и скрытым распространением горения внутри панелей. Как видно на рис. 5-7, на 30 минуте испытаний средняя температура в печи составляла около 830 °C, практически до такой же температуры была нагрета обогреваемая сторона образцов. В это же время температура необогреваемой стороны образцов достигала 430 °C. Несмотря на наличие наружной стальной обшивки, из образцов выделяется значительное количество газообразных продуктов полного и неполного сгорания, которое может продолжаться и после окончания испытаний, практически до полного выгорания утеплителя (рисунок 8).



Рисунок 8 – Выделение газообразных продуктов горения из образцов сэндвич-панелей с утеплителем PIR во время проведения испытаний по ДСТУ Б В.1.1-4-98*.

Исследования токсичности продуктов горения (ТПГ) 8 утеплителей на различной химической основе проведены согласно требованиям ГОСТ 12.1.044-89 при температурных режимах термоокислительной деструкции (450 °С) и пламенного горения (750 °С). Химико-аналитические исследования качественного и количественного состава ТПГ проводили на хроматографах «Кристаллюкс – 4000» и спектрофотометре АРЕL PD – 303UV. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 3 – Результаты проведенных химико-аналитических исследований основных компонентов продуктов горения теплоизоляционных материалов.

Наименование материала	Т исп, °С	Исследуемые компоненты/мг с грамма навески							Потеря массы, %
		СО	СО ₂	стирол	НСl	HCN	формаль-дегид	фенол	
Пенополиуретановый утеплитель марки IPN	400	200±20	532±53	н.о.*	н.о.	10,5±1,1	1,9±0,2	н.о.	80,0±7,0
	750	111±10	782±70	н.о.	н.о.	4,9±0,5	0,8±0,08	н.о.	94,0±6,0
Полистирол вспененный	400	68±6	285±29	27,8±2,1	н.о.	н.о.	0,5±0,04	н.о.	92,0±4,5
	750	42±4	366±37	2,5±0,2	н.о.	н.о.	0,1±0,01	н.о.	98,0±2,3
Вспененный синтетический каучук	400	98±9	180±19	н.о.	н.о.	0,2±0,02	0,4±0,03	0,2±0,02	53,0±5,0
	750	76±7	491±49	н.о.	н.о.	0,1±0,01	0,1±0,01	0,1±0,01	66,0±6,2
Полиуретановая пена (полиолы/диизоцианат)	400	82±8	311±30	н.о.	н.о.	0,9±0,1	0,4±0,04	2,1±0,2	68,0±5,2
	750	70±6	497±50	н.о.	н.о.	0,4±0,03	н.о.	1,3±0,1	89,0±8,2
Вспененный полиэтилен	400	75±7	288±28	н.о.	н.о.	н.о.	0,3±0,02	н.о.	55,0±5,0
	750	59±6	458±48	н.о.	н.о.	н.о.	0,2±0,01	н.о.	79,0±6,4
Стекловата	400	26±2	58±5	н.о.	н.о.	н.о.	1,5±0,1	2,1±0,2	18,0±1,2
	750	10±1	74±6	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	1,4±0,1	29,0±2,4
Минеральная вата	400	28±3	54±6	н.о.	н.о.	н.о.	1,1±0,1	2,4±0,2	20,0±1,8
	750	16±2	81±7	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	0,9±0,1	33,0±2,8
Изделие из минеральной ваты на основе базальта	400	31±2	78±8	н.о.	н.о.	н.о.	0,1±0,01	1,2±0,02	26,0±2,1
	750	24±1	126±12	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	0,8±0,01	32,0±2,5

*Примечание: н.о. – компонент в составе продуктов горения не обнаружен

Как показали результаты исследований, качественный и количественный состав ТПГ зависит от химической основы полимерных материалов и условий горения, однако оксид углерода (II) во всех случаях является основным компонентом. СО соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» относится к IV классу опасности, обладает выраженным гипоксическим действием. Наибольшие уровни его образования наблюдаются при горении пенополиуретанового утеплителя – до 200,0 мг/г материала, далее идут полиуретановая пена, вспененный полистирол, полиэтилен, синтетический каучук – 59,0-98,0 мг/г. Наиболее низкими значениями выделения СО характеризуются изделия из минваты на основе стеклянных и базальтовых волокон.

Учитывая результаты проведенных испытаний следует отметить, что конструкции из сэндвич-панелей с полимерными утеплителями могут способствовать развитию пожара и образованию опасных факторов пожара. Таким образом, сделать вывод о возможности их применения для строительства объектов различного назначения, следует только после оценки показателей их огнестойкости, распространения огня, а также показателей пожарной опасности материалов, составляющих конструкцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Без оглядки на кризисы. Обзор рынка готовых сэндвич-панелей в Украине 2011-2012 гг.: [Тематичний додаток до журналу Будмайстер / шеф-ред. Козачук В. Та ін.]. – Київ: Будмайстер, 2012. – 27 с.
2. Чередник Е.М. Панелям Kingspan огонь не страшен! // Технології швидкого будівництва. Тематичний додаток до журналу Будмайстер. – Київ: 2013. - №9(335). – С. 12-13.
3. Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности: ГОСТ 30403-96 – [Чинний від 1998–10–01]. –16 с. – (Государственный стандарт).