

УДК 614.84

*А.В. Довбыш, канд. техн. наук, Л.М. Шафран, д-р мед. наук, проф., Е.В. Третьякова, канд. биол. наук*

## **ОЦЕНКА ОГНЕСТОЙКОСТИ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ПОЛИМЕРНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ**

Проведены экспериментальные исследования огнестойкости ограждающих строительных конструкций (перегородок), а также показателей пожарной опасности, входящих в их конструкцию полимерных теплоизоляционных материалов. Установлено, что в зависимости от продолжительности стандартного огневого воздействия из указанных конструкций выделяются летучие продукты горения, угрожающие здоровью и жизни людей. Определен класс опасности, состав продуктов горения, параметры токсичности. Сделан вывод о необходимости разработки комплексной оценки пожарной опасности строительных конструкций с полимерной теплоизоляцией.

*Ключевые слова:* огнестойкость строительных конструкций, пожарная опасность, токсичность продуктов горения.

*A. Dovbysh, Cand. of Sc. (Eng.), L. Shafran, Doktor of Sc. (Med.), Prof., E. Tretyakova, Cand. of Sc. (Biol.)*

## **ASSESSMENT OF FIRE RESISTANCE AND FIRE HAZARD OF FENCING BUILDING STRUCTURES WITH POLYMERIC INSULATION**

Experimental researches of fire resistance of fencing building constructions (partition wall), as well as fire risk indicators within their design of polymeric insulating materials. It is established that depending on the length of the standard fire exposure of the structures highlights the volatile products of combustion, threatening the health and people lives. Defined hazard class, the composition of combustion products, toxicity characteristics. The conclusion about necessity of developing a comprehensive fire risk assessment of building structures with polymeric insulation.

*Keywords:* fire resistance of building construction, fire hazards, toxicity of combustion products.

В настоящее время в Украине значительное количество зданий возводится с применением ограждающих конструкций из трехслойных сэндвич-панелей с обшивками из металла, а также утеплителями различных типов. Данные конструкции 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.

Современные строительные конструкции должны удовлетворять эксплуатационным, экологическим, техническим, экономическим, производственным, эстетическим и др. требованиям. Однако, основным из них является безопасность для людей по гигиеническим критериям, в частности, обеспечение соответствующих микроклиматических условий, отсутствие миграции химических веществ и волокон в воздух помещений, а также пожаробезопасность (по критериям дымообразования, токсичности продуктов горения и др). Это, в первую очередь, связано с длительным пребыванием большого количества людей на

данных объектах (в течение рабочего дня), а также затруднениями их эвакуации при возникновении чрезвычайных ситуаций (пожаров).

Как свидетельствуют данные статистики, Украина по числу пожаров, жертв и пострадавших от этого бедствия занимает одно из первых мест на Европейском континенте. В относительном выражении (на 1 млн.чел. населения страны), человеческие жертвы от пожаров в Украине ежегодно в 8-12 раз превышают аналогичный показатель в странах с развитой экономикой [1,2]. При этом, в последние годы существенно изменился вклад и распределение удельного вклада опасных факторов пожара на показатель гибели людей. В настоящее время количество погибших от отравления токсичными продуктами горения (ТПГ) или вследствие их сочетанного действия с дымом и высокой температурой возросло до 70 % и более. Данный факт специалисты связывают с широким применением полимерных материалов во всех областях жизнедеятельности человека [3-6].

В настоящее время в качестве утеплителя в строительных конструкциях используются минеральная вата, стекловата, пенополиуретан, пенополиизоцианурат, пенополистирол, пенополиэтилен и др. Их виды постоянно пополняются. Например, на рынке панелей появились конструкции с сердечником из комбинированного материала - пенополистиролуретана (пенополистирол с добавлением пенополиуретана). Специалисты в области разработки, производства и поставки на рынки Украины данной продукции [7] заверяют потребителей, что «по своим пожароопасным свойствам сэндвич-панели с полимерным утеплителем типа IPN и IPN-папо не имеют ограничений к применению. Их можно использовать в строительстве любых объектов - от 1-й до 5-й степени огнестойкости». Действительно, в настоящее время в Украине отсутствуют ограничения по применению строительных ограждающих конструкций с полимерными утеплителями. Однако, практика показывает, что в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций (пожаров), такие конструкции представляют большую опасность для здоровья и жизни людей в отношении большой вероятности отравления токсичными продуктами горения их полимерной составляющей. Так, во время пожара на оптовом рынке «Столичный» в г. Киеве огнем было уничтожено 3000 м<sup>2</sup> площади торгового павильона, при его общей площади 7500 м<sup>2</sup>, погибло 4 человека. При строительстве данного объекта были использованы ограждающие конструкции с полимерным утеплителем.

Учитывая вышеизложенное, *целью* настоящего исследования явилось изучение показателей пожарной безопасности ограждающих строительных конструкций с различной полимерной изоляцией. В соответствии с поставленной целью были проведены комплексные исследования, включающие определение огнестойкости и показателей токсичности продуктов горения утеплителей различных типов. В дальнейшем полученные результаты будут использованы для разработки и подготовки нормативного обеспечения, что позволит объективно оценивать данный вид строительных конструкций с позиций безопасности для здоровья и жизни людей.

**Материалы и методы исследования.** Согласно требованиям ДБН В.1.1-7-2002\* «Пожарная безопасность объектов строительства» [8] строительные конструкции классифицируют по огнестойкости и способности распространять огонь. Значения пределов огнестойкости строительных конструкций и 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 ряде стран СНГ действуют нормативные документы: ГОСТ 30403-96 [9], СТБ 1961-2009 [10], которые устанавливают методы испытаний строительных конструкций на пожарную опасность. Такой подход связан с тем, что наряду с традиционным применением железобетонных, стальных, каменных конструкций, широкое применение находят конструкции, в составе которых присутствуют пожароопасные материалы. Согласно [9] 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 требований стандарта [10].

Таблица 1- Классификация пожарной опасности конструкций согласно СТБ 1961-2009 «Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности»

Класс пожарной опасности	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 (умеренно-пожароопасные)	более 40, но не более 80	более 25, но не более 50	Г3	В3	Д2
К3 (пожароопасные)	не регламентируется				

Испытания по методу [9] проводят на образцах конструкций, выполненных по технической документации, размером не менее: 2400 мм - длина, 1300 мм - ширина. Размеры образцов для испытаний по методу [10], 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 ГОСТ 30403-96, 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:  $T = 200 \lg(8t + 1) + 20$  (рис. 1). Часть испытуемого образца, расположенную у проема тепловой камеры, считают контрольной зоной образца. В соответствии с требованиями [9,10] также проводят испытания по определению показателей горючести, воспламеняемости, дымообразующей способности материалов входящих в состав конструкции. Как следует из таблицы 1, показатель токсичности продуктов горения не регламентируется.

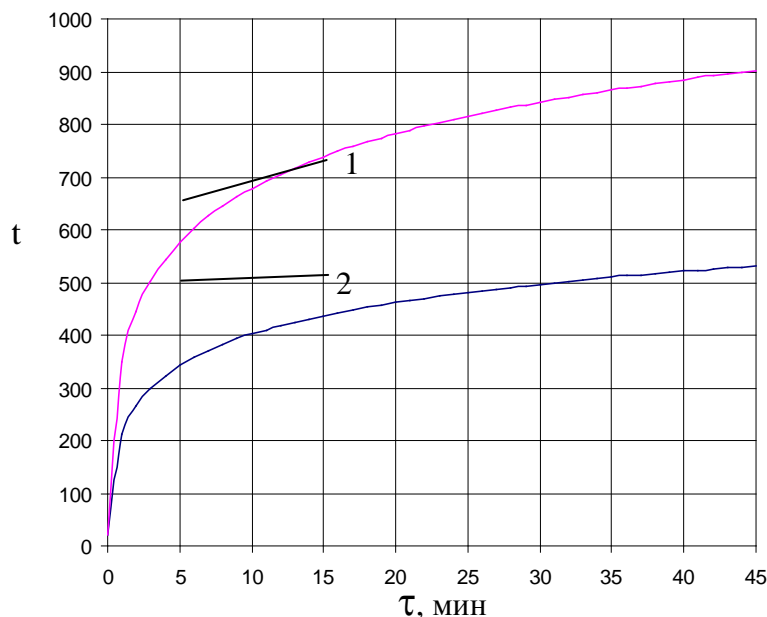


Рисунок 1 - графіки стандартного (1) і спеціального (2) температурних режимів в огневої печі при испытаниях согласно ГОСТ 30403-96

В данной работе оценку огнестойкости и показателей пожарной опасности выполняли на образцах несущей стены (перегородки) из сэндвич-панелей и образцах материала полимерного утеплителя PIR (полиизоцианурат) и пенополиуретана IPN (Изофеник).

Исследования токсичности продуктов горения 8 видов утеплителей на различной химической основе проведены согласно требованиям ГОСТ 12.1.044-89 [11] и Методических указаний МВ 8.8.2.4-127-2006 [12] при температурных режимах термоокислительной деструкции (450 °C) и пламенного горения (750 °C). Интегральный показатель токсичности (HCL<sub>50</sub> – масса материала, отнесенная к единице объема замкнутого пространства, в котором газообразные продукты горения вызывают гибель 50 % взятых для опыта животных) определяли на беспородных белых мышах при 30-минутной экспозиции. Для расчета показателя HCL<sub>50</sub> использовали метод пробит-анализа; каждая серия опытов включала не менее чем 5 групп животных по 10 особей в каждой [12]. Учитывали процент гибели животных и определяли содержание в крови карбоксигемоглобина (COHb), поскольку концентрация CO в камере коррелирует с уровнем COHb в крови.

Эксперименты выполнены на белых мышах-самцах массой 18-20 г. Животных содержали на стандартном рационе вивария со свободным доступом к воде и еде согласно требованиям, изложенным в [13]. Исследования проведены в соответствии с требованиями биоэтики согласно национальных «Загальних етичних принципів експериментів на тваринах» [14], которые согласуются с положениями Европейской конвенции по работе с лабораторными животными для экспериментальных и научных целей [15].

Химико-аналитические исследования качественного и количественного состава ТПГ проводили на хроматографах «Кристаллюкс - 4000» и спектрофотометре APEL PD - 303UV согласно [12].

Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований выполнена методами вариационного и корреляционного анализа [16].

Испытания были проведены в испытательном центре «ТЕСТ» (Бровары) и ГП Украинский НИИ медицины транспорта МОЗ Украины (Одесса).

**Результаты исследований.** Как особенность испытаний на горючесть утеплителя PIR, по методу II ДСТУ Б В.2.7-19-95, можно отметить быстрое повышение температуры в начальной стадии испытаний (рисунок 2), что связано с распространением пламени по всей

длине образцов. По мере обугливания образцов и образования на их поверхности слоя кокса - горение ослабевает. По окончании времени испытаний (10 мин), вследствие прогрева внутренних слоев утеплителя PIR, наблюдаются отдельные очаги пламенного горения и тления на поверхности испытуемых образцов.

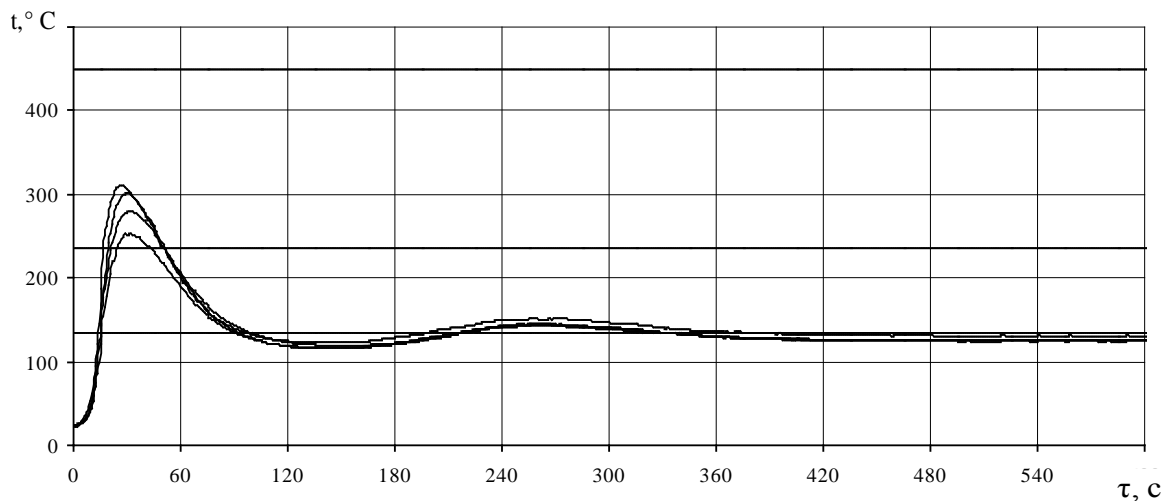


Рисунок 2 – график изменения температуры продуктов горения при испытаниях образцов утеплителя PIR толщиной 60 мм на горючесть по методу II ДСТУ Б В.2.7-19-95

Также были проведены испытания по методу II ДСТУ Б В.2.7-19-95 и ДСТУ Б В.1.1-2-97 образцов сэндвич-панелей, состоящих из внутреннего слоя утеплителя PIR и наружных слоёв из стального листа толщиной 0,5 мм каждый. 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, сэндвич-панели были отнесены к группе горючести Г1. Группа воспламеняемости - В1.

Огнестойкость фрагмента перегородки из сэндвич-панелей определяли по методам стандартов ДСТУ Б В.1.1-4-98\* и ДСТУ Б В.1.1-15:2007. Для испытаний было подготовлено два образца размерами 1000 мм - ширина, 2000 мм - длина, 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. График температурного режима в печи во время испытаний приведен на рисунке 3. Результаты измерений температуры на необогреваемой поверхности образцов приведены на рисунках 4-5.

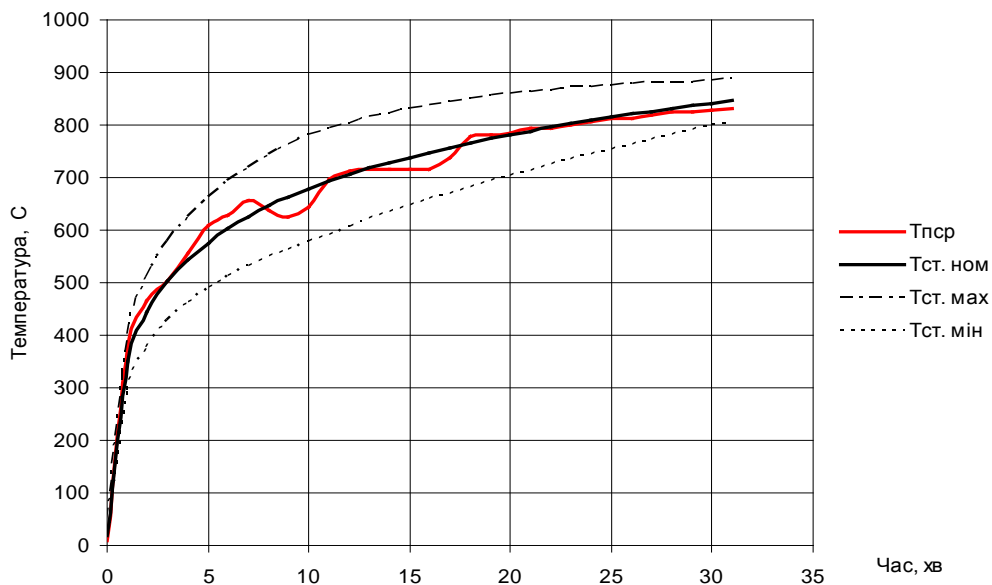


Рисунок 3 - графік температурного режиму в огневій печі при випробуваннях зразків сандвич-панелей по ДСТУ Б В.1.1-4-98\*

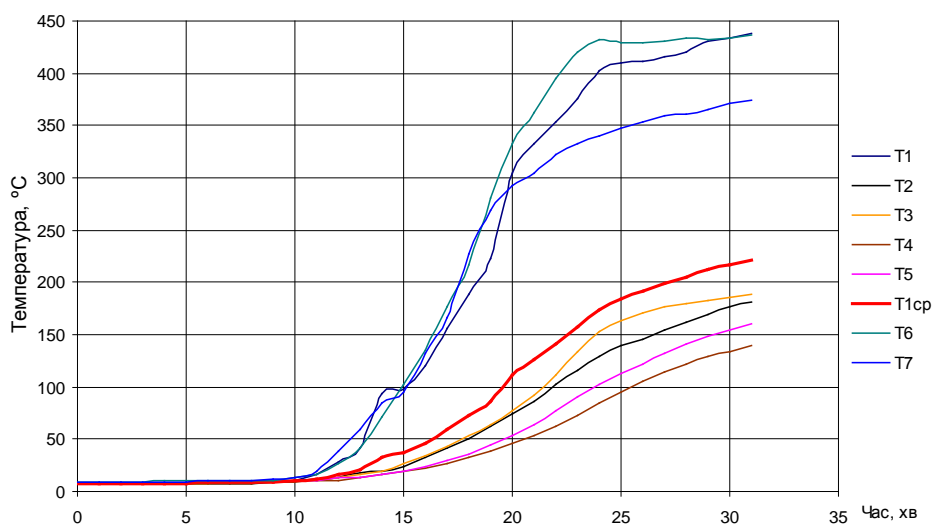


Рисунок 4 - графік зміни температури на необогреваній поверхні зразка сандвич-панелі № 1 (термопары Т1-Т7) і середньої температури (Т1ср)

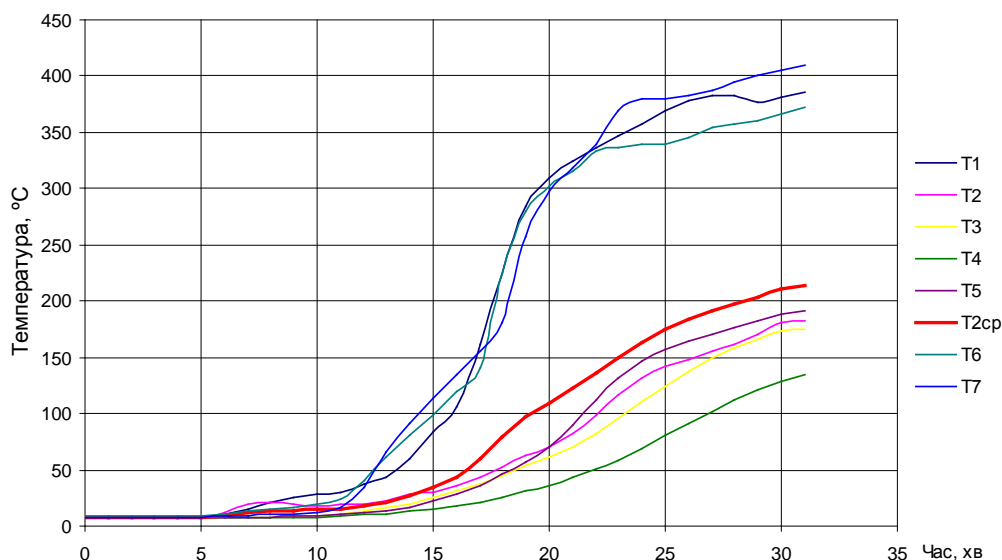


Рисунок 5 - графік змінення температури на необігріваної поверхні зразка сандвич-панелі № 2 (термопары T1-T7) та середньої температури (T1<sub>cp</sub>)

Потеря теплоізолюючої здатності (**I**) зразків відбулася на 18 хвилині початку випробувань, втрата цілостності (**E**) відбулася на 31 хвилині. Таким чином, випробуваній конструкції було присвоєно клас вогнестійкості **E 30/I 15**.

При проведенні вищезазначених випробувань було помічено, що при односторонньому тепловому нагріві панелей відбувається швидкий прогрів металічної обшивки з наступним інтенсивним термічним розкладом утеплювача, і прихованим поширенням горіння всередині панелей. Незважаючи на наявність сталі обшивки, із зразків виділяється значуще кількість газообразних продуктів неповного згорання, яке може продовжуватися практично до повного вигорання утеплювача. Теоретичний об'єм продуктів горіння утеплювача PIR, розрахований за методиками [17,18], становить більше 17,5 м<sup>3</sup> з кожного метра квадратного випробуваних зразків сандвич-панелей.

Ураховуючи результати проведених випробувань, очевидно, що повну, об'єктивну оцінку пожежної небезпеки сандвич-панелей з утеплювачами з різних видів полімерних матеріалів, можна зробити тільки після дослідження інтегрального показателя токсичності їх продуктів горіння (ТПГ). Результати випробувань представлені в таблиці 2.

Як показали результати досліджень, якісний і кількісний склад ТПГ залежить від хімічної основи полімерних матеріалів і умов горіння, однак оксид вуглецю в усіх випадках є основним компонентом. CO згідно з ГОСТ 12.1.007-76 [19] належить до IV класу небезпеки, має виражене гіпоксичне дію. Найвищі рівні його утворення спостерігаються при горінні пінополіуретанового утеплювача - до 200,0 мг/г матеріалу, далі йде поліуретанова піна, розпушений полістирол, поліетилен, синтетичний каучук (59,0-98,0) мг/г. Найнижчими значеннями виділення CO характеризуються мінеральна вата, скловолокно і вироби з мінеральної вати на основі базальту (10,0-31,0) мг/г.

Таблица 2- Результаты проведенных химико-аналитических исследований продуктов горения теплоизоляционных материалов, используемых в ограждающих строительных конструкциях

Наименование материала	Т исп, °С	Исследуемые компоненты/мг с грамма навески							Потеря массы, %
		СО	СО <sub>2</sub>	стирол	НСІ	HCN	формальдегид	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 токсичных продуктов горения не обнаружен

Однако опасность отравления людей при пожарах обусловлена не только образованием СО при горении, но и другими, минорными компонентами, относящимися по ГОСТ 12.1.007-76 к более высоким классам опасности, вклад которых в показатель FED (суммарная фракционная доза) находится на уровне более чем 1/10. К таким компонентам относятся цианистый водород (HCN, 1 класс опасности), выделяющийся при горении полиуретанов и нитрильных каучуков, и обладающий остро направленным механизмом токсического действия, а также другие соединения азота (аммиак, оксиды азота, амины), обладающие раздражающим действием и являющиеся гемолитическими ядами.

При горении полистирольных утеплителей в гигиенически значимых концентрациях в составе газообразных смесей определяется стирол (3 класс опасности), который обладает раздражающим и наркотическим действием. Горение волокнистых утеплителей уже при (300-350) °С сопровождается нарастающим по интенсивности и скорости процессом деструкции фенол-формальдегидного связующего с выделением фенола и формальдегида на уровне (0,8-2,4) мг/г. Эти вещества относятся ко второму классу опасности (высоко опасные), обладают раздражающим действием, а формальдегид также относится к канцерогенам. Следует акцентировать внимание на тот факт, что в процессе длительной



эксплуатации из минеральной и стекловаты выделяются волокна и компоненты связующей их смолы, что вызывают у людей ряд заболеваний, в т.ч. аллергию и рак. Ранее минвату считали безопасным материалом, однако в последние десятилетия появились публикации о загрязнении воздуха минеральными волокнами при пожарах в зданиях, где такие волокнистые материалы входят в состав строительных конструкций [20]. Потеря массы образца при горении также является информативным показателем, характеризующим горючесть и токсичность материалов. Наибольшая потеря массы установлена у полиуретанов, наименьшая – у волокнистых материалов.

Класс опасности материала устанавливали по наименьшему значению  $HCL_{50}$ , достигнутому в одном из двух стандартизованных температурных режимов испытаний. По данному показателю к третьему классу опасности (умеренноопасные) были отнесены полиуретановые, полистирольные, полиэтиленовые утеплители, а к 4-му классу (малоопасные) – волокнистые утеплители (табл. 3). При этом следует обратить внимание на то, что утеплители из вспененного полиуретана имеют самые низкие значения  $HCL_{50}$ , приближающиеся ко 2-му классу (высокоопасные). Уровень карбоксигемоглобина (СОНб) в крови животных ниже 60% подтверждает положение о том, что определенный вклад в развитие токсического эффекта вносят и определяемые в продуктах горения минорные компоненты. В работе [21] показано, что при отравлении только оксидом углерода (II) содержание СОНб в крови животных находится на уровне выше 61%.

Таблица 3- Результаты проведенных токсикологических исследований продуктов горения теплоизоляционных материалов

Наименование материала	Температура испытаний, °С	Исследуемые показатели		Класс опасности по ГОСТ 12.1.044-89
		$HCL_{50}$ , г/м <sup>3</sup>	СОНб, %	
Пенополиуретановый утеплитель марки марки IPN*	400	42,4±3,9	56,2±2,4	умеренноопасные
	750	61,8±5,7	59,1±2,8	
Полиуретановая пена	400	75,9±4,2	54,4±2,6	умеренноопасные
	750	99,3±9,9	58,2±2,9	
Вспененный синтетический каучук	400	75,6±7,0	59,1±3,0	умеренноопасные
	750	103,4±8,7	58,7±2,6	
Полистирол вспененный	400	82,3±6,3	57,5±2,8	умеренноопасные
	750	128,4±9,3	58,9±2,6	
Вспененный полиэтилен	400	104,9±8,9	64,6±3,2	умеренноопасные
	750	129,1±9,0	65,0±3,3	
Стекловата	400	Не достигнут	-	малоопасные
	750	Не достигнут	-	
Минеральная вата	400	Не достигнут	-	малоопасные
	750	Не достигнут	-	
Изделие из минеральной ваты на основе базальта	400	Не достигнут	-	малоопасные
	750	Не достигнут	-	

\*Примечание: показатели  $HCL_{50}$  и СОНб относятся только к материалу утеплителя, входящего в конструкцию сэндвич-панели

Для установления класса опасности конструкционного материала, в состав которого входил полимерный утеплитель, следующий этап исследований проводили с образцами, состоящими из двух металлических панелей (70 % от общей массы и толщиной не более 1,5 мм), между которыми находился пенополиуретановый утеплитель марки IPN (30 % от общей массы конструкции). Как показали испытания (табл. 4), панели металлические трехслойные с пенополиуретановым утеплителем марки IPN были отнесены к 4-му классу по ГОСТ

12.1.044-89 (малоопасные), однако уровень карбоксигемоглобина в крови на уровне  $(57,9 \pm 2,8)$  % свидетельствует о суммарном вкладе в развитие токсического эффекта оксида углерода (II) и других компонентов (в частности соединений азота).

Таблица 4- Результаты проведенных токсикологических исследований продуктов горения сэндвич-панели с пенополиуретановым утеплителем марки IPN

Наименование материала	Температура испытаний, °С	Исследуемые показатели		Класс опасности по ГОСТ 12.1.044-89
		HCL <sub>50</sub> , г/м <sup>3</sup>	COHb, %	
панели металлические трехслойные с утеплителем пенополиуретан марки IPN	400	158,5±14,9	57,9±2,8	малоопасные
	750	Не достигнуто	-	

Исследования показали, что потенциальную опасность или безопасность полимеров и конструкционных изделий в условиях пожара для людей нельзя оценивать только по величине показателя HCL<sub>50</sub> и отнесению материала к определенному классу опасности. Так, 1 м<sup>2</sup> трехслойных панелей толщиной 100 мм весит 13 кг, в то время, как токсичные продукты горения, выделяющиеся из 158,5 г данного материала вызывают гибель подопытных животных в 1 м<sup>3</sup> объема камеры. Т.е., даже для малоопасного в отношении показателя ТПГ материала, степень опасности при пожаре увеличивается за счет его большой насыщенности на объекте.

Поэтому, исходя из полученных результатов, являющихся первым этапом комплексных исследований такого вида конструкционных материалов, необходимо дальнейшее усовершенствование методологии испытаний (в крупно- и маломасштабных условиях), с целью разработки рекомендаций и нормативных требований по применению строительных конструкций с полимерной теплоизоляцией на объектах строительства различного назначения.

### Выводы.

На основе анализа результатов исследований огнестойкости ограждающих строительных конструкций (перегородок), а также показателей пожарной опасности, входящих в их конструкцию полимерных теплоизоляционных материалов сделаны следующие выводы:

1) отсутствие в настоящее время в Украине требований по ограничению применения строительных конструкций с горючими полимерными утеплителями приводит к гибели людей и значительному материальному ущербу в случае пожара.

2) экспериментальными и расчетными методами показано, что согласно ГОСТ 12.1.044-89, полимерные утеплители на основе вспененных полиуретанов, полистирола, полиэтилена относятся к классу умеренно опасных, а при значительной насыщенности объектов данными материалами могут быть отнесены к классу высокоопасных. При этом, качественный состав продуктов горения зависит от химической основы полимера.

3) необходима разработка новых и усовершенствование существующих методов оценки огнестойкости и пожарной опасности строительных конструкций, в состав которых входят полимерные материалы.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аналітична довідка про стан із пожежами та наслідками від них в Україні за 12 місяців 2014 р. Режим доступа к файлу: [http://www.undicz.mns.gov.ua/files/2015/2/17/AD\\_12\\_2014.pdf](http://www.undicz.mns.gov.ua/files/2015/2/17/AD_12_2014.pdf)
2. Брушлинский Н.Н. О статистике пожаров и о пожарных рисках. / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов. // Пожаровзрывобезопасность. - 2011. - Том 20. № 4. - С. 40-48.
3. Pauluhn J. A. Retrospective Analysis of Predicted and Observed Smoke Lethal Toxic Potency Values / J. A. Pauluhn // Fire Sciences. – 1993. – Vol. 11, № 2. – P. 109–130.
4. Токсичність продуктів горіння як основний чинник небезпеки людини під час пожеж та інших надзвичайних ситуацій / Л. М. Шафран, Д. П. Тимошина, І. О. Харченко [та ін.] // Безпека життєдіяльності. – 2005. – № 6. – С. 21–26.
5. Riffle J. Contemporary Topics in Polimer Science: [in 7 vol.]. / J. Riffle, C. Salamone. — London: Springer Verlag, 2012. Vol. 7.: Advances in New Materials. – 2012. – 390 p.
6. Асеева Р.М. Горение полимерных материалов / Р.М. Асеева, Г.Е. Заиков. – М.: Наука, 1981. – 280 с.
7. Чередник Е. «Панелям Kingspan огонь не страшен!» Технологии строительства. Приложение к журналу «Будмайстер», сентябрь 2013. С. 12-13. Режим доступа к файлу: [http://nsau.lviv.ua/sites/default/files/download/kingspan/kingspan-avtogen\\_IPN\\_nano.pdf](http://nsau.lviv.ua/sites/default/files/download/kingspan/kingspan-avtogen_IPN_nano.pdf).
8. ДБН В.1.1-7-2002\* Защита от пожара. Пожарная безопасность объектов строительства.
9. ГОСТ 30403-96 «Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности».
10. Государственный стандарт республики Беларусь СТБ 1961-2009 «Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности».
11. ГОСТ 12.1.044-89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. - М.: Изд. стандартов, 1990. – 143 с.
12. МВ 8.8.2.4-127-2006 Визначення та гігієнічна оцінка показників токсичності продуктів горіння полімерних матеріалів. Видання офіційне. – Одеса-2006. – 128 с.
13. Лабораторні тварини в медико-біологічних експериментах / [В.П. Пішак, В.Г. Висоцька, В.М. Магальс та ін.] – Чернівці: Мед університет, 2006. – 350 с.
14. Загальні етичні принципи експериментів на тваринах (документ, розроблений робочою групою Конгресу під керівництвом чл.-кор.НАН і АМН України О.Г. Резнікова) // Ендокринологія. – 2003.– Т. 8. – № 1. — С. 142-145.
15. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. – Council of Europe, Strasbourg, 1986. – 53 p.
16. Лапач С. Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / С.Н. Лапач, А.В Губенко., П.Н. Бабич – К.: МОРИОН, 2000. – 320 с.
17. Бегишев И. Р. «ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА» (учебно-методическое пособие). Академия ГПС МЧС России. Москва – 2010.
18. Портола В. А. «РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ВЗРЫВА» (учебно-методическое пособие). / В. А. Портола, Н.Ю. Луговцова, Е.С. Торосян // Томский политехнический университет. - 2012 г.
19. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
20. Savolainen H. Toxicological Mechanisms Of Fire Smoke // H. Savolainen & N. Kirchner // The Internet Journal of Rescue and Disaster Medicine, - 1998. - Volume 1 Number 1.: Путь доступа: [http://www.eprussia.ru/sites/default/files/Rescue\\_and\\_disaster\\_Medicine.pdf](http://www.eprussia.ru/sites/default/files/Rescue_and_disaster_Medicine.pdf)
21. Третьякова Е. В. Токсикокинетика окиси углерода в продуктах горения полимеров / Е. В. Третьякова, Н. Г. Селиваненко, Л. М. Шафран // Гігієна населених місць. – 2004. – Вип. 44. – С. 193–199.